






4

A UNIFIED ROUTING SCHEME FOR AD-HOC INTERNETWORKING**Publication number:** JP2002534842 (T)**Publication date:** 2002-10-15**Inventor(s):****Applicant(s):****Classification:****- international:** *H04L12/28; H04L12/56; H04L12/28; H04L12/56; (IPC1-7): H04L12/56; H04L12/28***- European:** H04W40/02; H04L12/28W; H04L12/56B; H04L12/56C1; H04L12/56C11**Application number:** JP20000591756T 19990922**Priority number(s):** US19980221228 19981223; WO1999US21236 19990922**Also published as:** WO0039967 (A2)
 WO0039967 (A3)
 US2002049561 (A1)
 US2002013856 (A1)
 US2003028668 (A1)

more >>

Abstract not available for JP 2002534842 (T)

Abstract of corresponding document: **WO 0039967 (A2)**

Routing table update messages that include both network-level and link-level addresses of nodes of a computer network are exchanged among the nodes of the computer network. Further, a routing table maintained by a first one of the nodes of the computer network may be updated in response to receiving one or more of the update messages. The routing table is preferably updated by selecting a next node to a destination node of the computer network only if every intermediate node in a path from the next node to the destination node satisfies a set of nodal conditions required by the first node for its path to the destination node and the next node offers the shortest distance to the destination node and to every intermediate node along the path from the next node to the destination node.; The shortest distance to the destination node may be determined according to one or more link-state and/or node-state metrics regarding communication links and nodes along the path to the destination node. Also, the nodal characteristics of the nodes of the computer system may be exchanged between neighbor nodes, prior to updating the routing table. Preferred paths to one more destination nodes may be computed according to these nodal characteristics, for example using a Dijkstra shortest-path algorithm.

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号
特表2002-534842
(P2002-534842A)

(43)公表日 平成14年10月15日 (2002. 10. 15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 4 L 12/56	1 0 0	H 0 4 L 12/56	1 0 0 D 5 K 0 3 0
			B 5 K 0 3 3
12/28	3 0 0	12/28	3 0 0 B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 69 頁)

(21)出願番号	特願2000-591756(P2000-591756)	(71)出願人	ノキア・ワイヤレス・ルーターズ・インコーポレーテッド
(86) (22)出願日	平成11年 9 月22日 (1999. 9. 22)		アメリカ合衆国・94043・カリフォルニア州・マウンテン ビュー・フェアチャイルド ドライブ・313
(85)翻訳文提出日	平成13年 6 月25日 (2001. 6. 25)	(72)発明者	ベイヤー, デービッド・エイ
(86)国際出願番号	P C T / U S 9 9 / 2 1 2 3 6		アメリカ合衆国・94024・カリフォルニア州・ロス アルトス・パコ ドライブ・468
(87)国際公開番号	W O 0 0 / 3 9 9 6 7	(74)代理人	弁理士 山川 政樹
(87)国際公開日	平成12年 7 月 6 日 (2000. 7. 6)		
(31)優先権主張番号	0 9 / 2 2 1, 2 2 8		
(32)優先日	平成10年12月23日 (1998. 12. 23)		
(33)優先権主張国	米国 (U S)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アドホック・インターネットワーキングのための統一されたルーティング方式

(57)【要約】

ネットワークレベル・アドレスと、コンピュータ・ネットワークのノードのリンクレベル・アドレスの両方を含むルーティング・テーブル更新メッセージがコンピュータ・ネットワークのノード間で交換される。さらに、更新メッセージの1つまたは複数を受信したことに応答して、コンピュータ・ネットワークのノードの第1のノードによって維持されるルーティング・テーブルが更新される。ルーティング・テーブルは、次のノードから宛先ノードへのパス中のあらゆる中間ノードが、宛先ノードへのそのパスに対して第1のノードによって要求されるノード条件を満足し、次のノードが宛先ノードおよび次のノードから宛先ノードへのパスに沿ったあらゆる中間ノードへの最短距離を与える場合のみ、コンピュータ・ネットワークの宛先ノードに対する次のノードを選択することによって更新されることが好ましい。宛先ノードへの最短距離は、宛先ノードへのパスに沿った通信リンクおよびノードに関する1つまたは複数のリンク状態および/またはノード状態メトリクスに従って決定される。また、ルーティング・テーブルを更新する前に、コ

Distance Table	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離
Distance Table	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離
Distance Table	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離
Distance Table	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離
Distance Table	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離	宛先ノードへの最短距離

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コンピュータ・ネットワークのネットワークレベル・アドレスとコンピュータ・ネットワークのノードの他のアドレスの両方を含むルーティング・テーブル更新メッセージをコンピュータ・ネットワークのノードの間で交換することを含んでいる方法。

【請求項2】 ノードの他のアドレスがリンクレベル・アドレスを含んでいる請求項1に記載の方法。

【請求項3】 リンクレベル・アドレスがMACアドレスを含んでいる請求項2に記載の方法。

【請求項4】 新しいノードがコンピュータ・ネットワークに追加されているという指示、ノードの1つがコンピュータ・ネットワークから落とされているという指示、またはコンピュータ・ネットワークの通信リンクのリンク状態メトリクスが変更されているという指示に応答して、更新メッセージが交換される請求項3に記載の方法。

【請求項5】 さらに、更新メッセージの1つまたは複数を受信したことに応答して、コンピュータ・ネットワークのノードの第1のノードによって維持されるルーティング・テーブルを更新することを含んでいる請求項3に記載の方法。

【請求項6】 ルーティング・テーブルを更新することは、次のノードから宛先ノードへのパス中のあらゆる中間ノードが、宛先ノードへのそのパスに対して第1のノードによって要求されるノード条件のセットを満足し、次のノードが宛先ノードおよび次のノードから宛先ノードへのパスに沿ったあらゆる中間ノードへの最短距離を与える場合のみ、コンピュータ・ネットワークの宛先ノードに対する次のノードを選択することを含んでいる請求項5に記載の方法。

【請求項7】 宛先ノードへの最短距離が、宛先ノードへのパスに沿ったノード間の通信リンクに関する1つまたは複数のリンク状態および／またはノード状態メトリクスに従って決定される請求項6に記載の方法。

【請求項8】 宛先ノードへの最短距離がさらに、宛先ノードへのパスに沿ったノードに関する1つまたは複数のノード状態メトリクスに従って決定される

請求項7に記載の方法。

【請求項9】 さらに、ルーティング・テーブルを更新する前に、第1のノードの隣接ノードに第1のノードのノード特性を送信することを含んでいる請求項6に記載の方法。

【請求項10】 さらに、ルーティング・テーブルを更新する前に、第1のノードの隣接ノードのノード特性を第1のノードにおいて受信することを含んでいる請求項6に記載の方法。

【請求項11】 さらに、コンピュータ・ネットワークのノードの第1のノードにおいて、1つまたは複数の宛先ノードへの好ましいパスをコンピュータ・ネットワークのノードのノード特性に従って計算することを含んでいる請求項3に記載の方法。

【請求項12】 ノード特性が、第1のノードの隣接ノードによって第1のノードに送信される請求項11に記載の方法。

【請求項13】 好ましいパスを計算するためにローカル最短パス・アルゴリズムが使用される請求項12に記載の方法。

【請求項14】 ルーティング・テーブル更新メッセージを交換することが、コンピュータ・ネットワークのノード間でノード距離およびノード先行点情報を交換することを含んでいる請求項3に記載の方法。

【請求項15】 更新メッセージ中の個々のエントリが、コンピュータ・ネットワークの受信ノードにおいて順に処理される請求項14に記載の方法。

【請求項16】 コンピュータ・ネットワークの送信ノードが、宛先ノードへの距離に応じて更新メッセージ中の個々のエントリを順序付けする請求項15に記載の方法。

【請求項17】 更新メッセージの1つの各エントリごとに、ノード距離およびノード先行点情報によって規定される宛先ノードの1つへの暗示的パスにループがないかどうかを受信ノードの1つが判定する請求項16に記載の方法。

【請求項18】 さらに、コンピュータ・ネットワークのノードの第1のノードにおいて、第1の隣接ノードによって提供されるパス情報に従って確立された、宛先ノードのルーティング・テーブル・エントリを第2の隣接ノードから受

信された更新メッセージの少なくとも1つの中に含まれる情報に従って更新することを含んでいる請求項3に記載の方法。

【請求項19】 ネットワーク中でよく知られているコンピュータ・ネットワークのノードに関するルーティング・テーブル更新情報を普及させることを含んでいるコンピュータ・ネットワークのルーティング・テーブルを更新する方法であって、更新情報が、よく知られているノードのネットワークレベル・アドレスとリンクレベル・アドレスの両方を含む方法。

【請求項20】 さらに、そのようなノードに関するサーチ・クエリに応答してコンピュータ・ネットワーク中であまり知られていないノードに関するルーティング・テーブル更新情報を送信することを含んでいる請求項19に記載の方法。

【請求項21】 サーチ・クエリが、最善努力に基づいてコンピュータ・ネットワーク中に溢れる請求項20に記載の方法。

【請求項22】 サーチ・クエリの1つが受信されると、コンピュータ・ネットワークの第1のノードが、第1のノードがそのサーチ・クエリをすでに処理しているかどうかを判定するためにクエリ・キャッシュをサーチする請求項21に記載の方法。

【請求項23】 サーチ・クエリの1つが受信されると、コンピュータ・ネットワークの第1のノードが、そのサーチ・クエリがホストレベル・サーチ・クエリであるか否かを判定する請求項21に記載の方法。

【請求項24】 サーチ・クエリがホストレベル・クエリであると第1のノードが判定した場合、第1のノードがすでにそのように行っていない場合、およびサーチ・クエリにおいて指定された宛先へのパス情報を提供することができる場合、第1のノードはサーチ・クエリに応答する請求項23に記載の方法。

【請求項25】 さらに、第1のノードがすでにサーチ・クエリに応答していないが、宛先へのパス情報を有する場合、第1のノードは第1のノードに関連するローカル・ノードにパス情報についてのローカル要求を送信する請求項24に記載の方法。

【請求項26】 第1のノードがローカル要求に対するローカル応答を受信

した場合、第1のノードがサーチ・クエリに応答してローカル応答からパス情報を送信する請求項25に記載の方法。

【請求項27】 第1のノードがローカル要求に対するローカル応答を受信しない場合、サーチ・クエリがあるならば、それをコンピュータ・ネットワークの隣接ノードに送信する請求項26に記載の方法。

【請求項28】 サーチ・クエリがホストレベル・クエリでないと第1のノードが判定した場合、第1のノードは、第1のノードがサーチ・クエリにおいて指定された宛先へのパス情報を有するならば、サーチ・クエリに対する応答を送信するか、あるいはサーチ・クエリがあるならば、それをコンピュータ・ネットワークの隣接ノードに転送する請求項23に記載の方法。

【請求項29】 コンピュータ・ネットワーク中であまり知られていないノードに関するルーティング・テーブル更新情報が、サーチ・クエリの主題であるノードに関係するパス情報を有するコンピュータ・ネットワークの1つまたは複数のノードによってサーチ・クエリ応答メッセージとして提供される請求項20に記載の方法。

【請求項30】 パス情報を有するノードの1つが、関連するサーチ・クエリ応答メッセージを提供する前にパス・エントリをそれ自体でパス情報に追加する請求項29に記載の方法。

【請求項31】 パス・エントリが、パス情報を有するノードのネットワークレベルおよびリンクレベル・アドレスを含む請求項30に記載の方法。

【請求項32】 さらに、パス情報を有するノードがサーチ・クエリを受信したノードのネットワークレベル・アドレスおよびリンクレベル・アドレスを含む請求項31に記載の方法。

【請求項33】 サーチ・クエリの新しいものがネットワークレベル・クエリとして扱われ、サーチ・クエリの再送信されるサーチ・クエリがホストレベル・サーチ・クエリとして扱われる請求項20に記載の方法。

【請求項34】 コンピュータ・ネットワークのノードの少なくとも1つはそれが送信したサーチ・クエリのテーブルを維持する請求項20に記載の方法。

【請求項35】 サーチ・クエリのテーブルは、特定のサーチ・クエリがネ

ットワークレベル・サーチ・クエリであるか、ホストレベル・サーチ・クエリであるかの指示を含む請求項34に記載の方法。

【請求項36】 ネットワークレベル・サーチに対する応答が受信されない場合、ネットワークレベル・サーチ・クエリがコンピュータ・ネットワーク内のホストレベル・サーチ・クエリとして再送信される請求項20に記載の方法。

【請求項37】 サーチ・クエリの出所から、サーチ・クエリの主題であるコンピュータ・ネットワークにおける宛先への、宛先のネットワークレベル・アドレスとリンクレベル・アドレスの両方を含むパスを指定することを含んでいるコンピュータ・ネットワークにおけるルーティング・テーブルを更新する方法。

【請求項38】 パスが、パスを生成する第1のノードからサーチ・クエリの出所へ、コンピュータ・ネットワークのノード間で中継される請求項37に記載の方法。

【請求項39】 パスがサーチ・クエリの出所と宛先の間のパス中に含まれる場合のみ、コンピュータ・ネットワークのいずれか1つのノードがパスを遅延させる請求項38に記載の方法。

【請求項40】 パスを受信するコンピュータ・ネットワークの中継ノードが、パスを含めるためにそれぞれのルーティング・テーブルを更新する請求項38に記載の方法。

【請求項41】 パスがコンピュータ・ネットワーク中でよく知られているノードに関連する場合のみ、それぞれのルーティング・テーブル中にパスを保持し、それ以外の場合、パスは、指定された期間の後でそれぞれのルーティング・テーブルから除去される請求項40に記載の方法。

【請求項42】 コンピュータ・ネットワークの宛先ノードのネットワークレベル・アドレスと、

宛先ノードの別のアドレスとを含んでいるルーティング・テーブル。

【請求項43】 ネットワークレベル・アドレスと他のアドレスが、宛先ノードに関するルーティング・テーブルの単一のエントリ中に含まれる請求項42に記載のルーティング・テーブル。

【請求項44】 ネットワークレベル・アドレスがインターネット・プロト

コル（IP）アドレスからなる請求項43に記載のルーティング・テーブル。

【請求項45】 他のアドレスがメディア・アクセス制御（MAC）アドレスからなる請求項44に記載のルーティング・テーブル。

【請求項46】 単一のエントリがさらに、宛先ノードに関するパス情報を含む請求項43に記載のルーティング・テーブル。

【請求項47】 パス情報が距離情報からなる請求項46に記載のルーティング・テーブル。

【請求項48】 距離情報が、コンピュータ・ネットワーク内のパスのリンク状態情報およびノード状態情報に基づく請求項47に記載のルーティング・テーブル。

【請求項49】 パスが、宛先とルーティング・テーブルを維持するノードとの間の最短パスである請求項48に記載のルーティング・テーブル。

【請求項50】 パス情報はさらに、ルーティング・テーブルを維持するノードからパスに沿った宛先への第2－最後間ホップであるコンピュータ・ネットワークのノードのことをさす先行点情報を含んでいる請求項49に記載のルーティング・テーブル。

【請求項51】 請求項42のルーティング・テーブルを含んでいるルータ。

【請求項52】 さらに、コンピュータ・ネットワークの隣接ノードからルータによって受信されたルーティング・ツリー情報を記憶するように構成された距離テーブルを含んでいる請求項51に記載のルータ。

【請求項53】 さらに、ルータによって隣接ノードに送信されたルーティング・テーブル更新メッセージに関する情報を含むように構成されたメッセージ再送信リストを含んでいる請求項52に記載のルータ。

【請求項54】 コンピュータ・ネットワークの第1のノードによって使用される通信リンク上で送信されるデータ・ビット当たりの第1のノードの隣接ノードへの時間経過に伴う干渉の尺度からなるコンピュータ・ネットワークのコスト・メトリクス。

【請求項55】 通信リンクの第1のノードによって使用されるRF送信パ

ワー、リンク・データ速度、および通信リンク上でのRFパス損失を使用して推定され、RFパス損失が、RF送信パワーと隣接ノードにおける受信信号強度との隣接ノード比較によって決定される請求項54に記載のコスト・メトリクス。

【請求項56】 コンピュータ・ネットワーク内の通信リンクを介した送信のデータ・ビット当たり消費されるノード・エネルギーを含んでいる複数のノードを有するコンピュータ・ネットワークのコスト・メトリクス。

【請求項57】 非送信状態にあるノードによって使用されないすべてのパワーを考慮に入れるためにノード・エネルギーが計算される請求項56に記載のコスト・メトリクス。

【請求項58】 コンピュータ・ネットワーク内の通信リンクの品質の尺度からなる、自己構成マルチホップ・ワイヤレス環境として編成されたコンピュータ・ネットワークのコスト・メトリクス。

【請求項59】 コンピュータ・ネットワーク内のワイヤレス通信リンクの品質の尺度が、通信リンク上でのパケット送信の履歴にわたって測定されるパケット成功率からなる請求項58に記載のコスト・メトリクス。

【請求項60】 コンピュータ・ネットワーク内のワイヤレス通信リンクの品質の尺度が、通信リンクの信頼性の尺度と、データビット当たりの通信ネットワークのノードの隣接ノードからの送信によって生じる通信リンクに対する時間経過に伴って受ける干渉の尺度とからなる請求項58に記載のコスト・メトリクス。

【請求項61】 コンピュータ・ネットワーク内のワイヤレス通信リンクの品質の尺度が、通信リンクの信頼性と、通信リンクを介した送信のためのデータ・ビット当たり消費されるノード・エネルギーの尺度との組合せからなる請求項58に記載のコスト・メトリクス。

【請求項62】 コンピュータ・ネットワーク内のワイヤレス通信リンクの品質の尺度が、通信リンクを介した送信のためのデータ・ビット当たり消費されるノード・エネルギーの尺度と、データビット当たりの通信ネットワークのノードの隣接ノードからの送信によって生じる通信リンクに対する時間経過に伴って受ける干渉の尺度とからなる請求項58に記載のコスト・メトリクス。

【請求項63】 請求項58のコスト・メトリクスを含んでいるルーティング・テーブル更新メッセージ。

【請求項64】 請求項58のコスト・メトリクスの値に従ってルーティング・テーブル中の隣接ノードとしてコンピュータ・ネットワークのノードを含むべきかどうかを判定することを含んでいる方法。

【請求項65】 コンピュータ・ネットワーク中の候補リンク以外の1つまたは複数の他のリンクのシーケンスを使用して、第1のノードの隣接ノードへの代替パスが存在するかどうかを判定するために、コンピュータ・ネットワークの第1のノードによって維持されるローカル・ルーティング情報を検査するステップと、

隣接ノードへの代替パスが存在しない場合、候補リンクを受容するステップと、

隣接ノードへの1つまたは複数の代替パスが存在する場合、代替パスの各々に沿ったリンクのリンク品質と候補リンクのリンク品質とを比較し、候補リンクのリンク品質が代替パス上のリンクのリンク品質と比較して有利である場合、候補リンクを受容するステップとを含んでいる方法。

【請求項66】 有利な比較は、候補リンクのリンク品質が、代替パス上のリンクのリンク品質の最悪品質のリンク品質に等しいかまたはそれよりも良いものである請求項65に記載の方法。

【請求項67】 候補リンクのリンク品質が、代替パスに沿ったリンクのパス品質関数に等しいかまたはそれよりも良いものである請求項65に記載の方法。

【請求項68】 さらに、候補リンクの隣接品質が規定されたしきい値を超えた場合、候補リンクを受容するステップを含んでいる請求項65に記載の方法。

【請求項69】 コンピュータ・ネットワークにおけるいずれかのリンクの品質が、そのリンクを介して送信された各パケットごとの成功の確率に等しい請求項67に記載の方法。

【請求項70】 代替パスに沿ったリンクのパス品質関数が、代替パス上の

リンクの各々ごとのリンク品質の積を比較する請求項67に記載の方法。

【請求項71】 ノードが利用することができるパワーのタイプの指示を含んでいるコンピュータ・ネットワークのノードのためのコスト・メトリクス。

【請求項72】 請求項71のコスト・メトリクスを含んでいるルーティング・テーブル更新メッセージ。

【請求項73】 ノードのパワー状態の指示を含んでいるコンピュータ・ネットワークのノードのためのコスト・メトリクス。

【請求項74】 請求項73のコスト・メトリクスを含んでいるルーティング・テーブル更新メッセージ。

【請求項75】 ノードがコンピュータ・ネットワークのためのアンカーであるかどうかの指示を含んでいるコンピュータ・ネットワークのノードのためのメトリクス。

【請求項76】 請求項75のメトリクスを含んでいるルーティング・テーブル更新メッセージ。

【請求項77】 アンカーが、サーバへの接続性を有するか、あるいはコンピュータ・ネットワークのためのサービスを提供するノードを含んでいる請求項75に記載のメトリクス。

【請求項78】 アンカーが、コンピュータ・ネットワークのためのインターネットへの接続性をモニタするノードを含んでいる請求項75に記載のメトリクス。

【請求項79】 コンピュータ・ネットワークのノード間でルーティング・テーブル更新メッセージを送信することを含んでいる方法であって、ルーティング・テーブル更新メッセージの1つは、ノードの1つまたは複数によって提供されるサービスまたは1つまたは複数のノードによって提供される接続性に関する情報を含んでいる方法。

【請求項80】 コンピュータ・ネットワークのノード間でルーティング・テーブル更新メッセージを送信することを含んでいる方法であって、ルーティング・テーブル更新メッセージの1つは、ネットワークに関する設置情報を含んでいる方法。

【請求項81】 1つまたは複数のルーティング・テーブル更新メッセージがさらに、ネットワーク管理に関する情報を含んでいる請求項80に記載の方法。

【請求項82】 1つまたは複数のルーティング・テーブル更新メッセージが、ネットワークのアンカー・ノードに関する情報を含んでいる請求項81に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

(政府ライセンス権利の記述)

米国政府は、米国陸軍ミサイル軍によって与えられる、契約条件No. : DA AH 01-97-C-R-124によって規定される妥当な条件で他者にライセンスを与えることを特許所有者に要求するための本発明の各部における支払い済みライセンスおよび制限された環境における権利を有する。

【0002】

(発明の分野)

本発明は、コンピュータ・ネットワークにおけるルーティング・プロトコルに関し、より詳細には、ルータとホストの両方が移動することができ、かつルータがホストとホストに接続されるネットワークの両方を有することができるアドホック・ネットワークのためのルーティング・プロトコルに関する。

【0003】

(背景)

パケット無線技術は、少なくとも一部は、配線の必要がなく、また第三者サービス・プロバイダまたは転送テーブルの構成を要求する必要がないので、グローバル情報インフラストラクチャの主要な構成要素になる可能性を有する。しかしながら、インターネットまたはアドホック・ネットワーク（すなわち、予め考えられたトポロジを有しないネットワーク）のための現在まで提案または実施されているルーティング手法では、非技術ユーザがインターネットのシームレス拡張としてそのようなネットワーク（または何らかのマルチホップ・パケット無線ネットワーク）を設置し運用することができない。

【0004】

従来のインターネット・ルーティング手法では、ブリッジまたはルータを使用し、それぞれメディア・アクセス制御（MAC）アドレスまたはネットワークレベル・アドレスを使用してデータ・パケットを転送する。透過的なブリッジを使用してリンク・レベルにおけるルーティングを実行することは、インターワークにおいて使用されるブリッジおよびホストのための制限された構成が必要とされ

るという利点がある。さらに、ブリッジによって転送されるフレームは、任意のタイプのネットワークレベル・プロトコル（例えば、インターネット・プロトコル（IP））とインターネット・パケット交換（IPX）をカプセル化することができる。ネットワーク相互接続のための透過的ブリッジを使用することの欠点は、パケットのルーピング（looping）を回避するためにデータ・パケットと制御パケット（フレーム）の両方がスパニング・ツリー（spanning tree）を介して送られることであり、これは、データ・パケットが最短パスよりも長いパスを介して送られ、利用可能な帯域幅が過小利用されることを意味する。さらに、アドホック・ネットワークでは、スパニング・ツリーを維持することは移動度に応じて過剰なオーバーヘッドを招来しうる。一方、ネットワーク・レベルにおいてルーティングを実行することにより、ルーティング更新の集積化が容易になり、また利用可能なリンクを効率的に使用してデータ・パケットを最短パスを介して送ることが可能になる。この手法の利点は、パケットの転送を開始する前に適切なアドレス指定情報を用いてルータを構成しなければならず、ネットワークレベル・アドレスを慎重に割り振らなければならず、またルータがルーティングされているネットワークレベル・プロトコル（例えば、IPまたはIPX）を理解しなければならないことである。

【0005】

アドホック・ネットワークまたはインターネットのための現在まで提案され実施されているすべてのルーティング・プロトコルは、テーブル駆動プロトコルとオンデマンド・ルーティング・プロトコルという2つの主要な範疇に入る。テーブル駆動ルーティング・プロトコルでは、ルータは、ネットワークにおける各宛先に対するルーティング・テーブル・エントリを維持し、最新エントリを維持するためにルーティング・テーブル更新アルゴリズムを実行する。テーブル駆動ルーティング・プロトコルはトポロジ・ブロードキャストまたは距離のベクトルの普及に基づいて提案されている。オンデマンド・ルーティング・プロトコルでは、通信する必要がある宛先のみに対してルーティングテーブル・エントリを維持する。代表的なオンデマンド・ルーティング・プロトコルでは、ルータが現在ルーティングテーブル・エントリを有しない宛先への最短パスを決定するためにフ

ルード・サーチ(flood search)方法を使用する必要がある。

【0006】

各タイプのプロトコルにはその利点および欠点がある。例えば、テーブル駆動ルーティング・プロトコルはデータグラム・トラフィックを非常に効率的にサポートし、またネットワーク区分を非常に迅速に検出することができる。しかしながら、各ルータは、ネットワークまたはインターネットワークにおけるすべての宛先に対してルーティング情報を交換しなければならない、テザーレス・ワイヤレス・ルータのバッテリー寿命を酷使する。反対に、オンデマンド・ルーティング・プロトコルでは、ルータが通信しない宛先に関する更新を送る必要はない。しかしながら、ルータはデータを転送することができる未知の宛先をサーチする必要がある。したがって、オンデマンド・ルーティング手法は一般にデータグラム・トラフィックにあまり適していない。オンデマンド・ルーティングはまた、宛先が到達可能であることを発見するだけである、フルード・サーチ・パケットの結果として生じる繰り返し生成のために、ネットワークまたはインターネットワークが区分されるか、またはルータが故障したときにテーブル駆動ルーティング・プロトコルよりもはるかに多くの制御トラフィックを招来する。

【0007】

アドホック・ネットワークにおけるルーティングは一般に、サブネットワークの一端から他端へデータ・パケットを転送するためにサブネットワーク内のルーティング・プロトコルを使用して不透明なサブネットワークとしてアドホック・ネットワーク全体を扱うことによって達成される。そのような方法では、アドホック・ネットワークは単にIPレイヤに対してリンク（またはリンクのセット）のように見える。この手法は一見魅力的であるが、アドレス割当て、ルータ構成、インターネット・ルーティングに関連する管理問題のいずれも回避しない。したがって、必要なものは、アドホック・ネットワーク内でのルーティングのための新しい手法である。

【0008】

(発明の概要)

一実施形態では、ネットワークレベル・アドレスと、コンピュータ・ネットワ

ークのノードの他のアドレス（例えば、リンクレベル、場合によってはMACレベル）の両方を含むルーティング・テーブル更新メッセージが、コンピュータ・ネットワークのノード間で交換される。更新メッセージは、新しいノードがコンピュータ・ネットワークに追加されているという指示、またはノードの1つがコンピュータ・ネットワークから落とされている（例えば、ノードとの通信が失われている）という指示に応答して交換される。さらに、更新メッセージの1つまたは複数を受信したことに応答して、コンピュータ・ネットワークのノードの第1のノードによって維持されるルーティング・テーブルが更新される。

【0009】

ルーティング・テーブルは、次のノードから宛先ノードへのパス中のあらゆる中間ノードが、宛先ノードへのそのパスに対して第1のノードによって要求されるノード条件を満足し、次のノードが宛先ノードおよび次のノードから宛先ノードへのパスに沿ったあらゆる中間ノードへの最短距離を与える場合のみ、コンピュータ・ネットワークの宛先ノードに対する次のノードを選択することによって更新されることが好ましい。宛先ノードへの最短距離は、宛先ノードへのパスに沿った通信リンクおよびノードに関する1つまたは複数のリンク状態および／またはノード状態のメトリクス(metrics:判断基準)に従って決定される。また、ルーティング・テーブルを更新する前に、コンピュータ・システムのノードのノード特性が隣接ノード間で交換されうる。1つまたは複数の宛先ノードへの好ましいパスは、例えばDijkstra最短パスアルゴリズムを使用して、これらのノード特性に従って計算される。

【0010】

場合によっては、ルーティング・テーブル更新メッセージの交換は、コンピュータ・ネットワークのノード間でノード距離情報およびノード先行点(predecessor) 情報を交換することを含んでいても良い。そのような情報は更新メッセージ中に含まれることがあり、各更新メッセージ中の個々のエントリはコンピュータ・ネットワークの受信ノードにおいて順に処理される。コンピュータ・ネットワークの送信ノードは宛先ノードへの距離に応じて更新メッセージ中の個々のエントリを順序付けすることが好ましい。さらに、更新メッセージの1つの各エント

りごとに、受信ノードの1つは、ノード距離およびノード先行点情報によって規定される宛先ノードの1つへの暗示的パスにループがないかどうかを判定できる。また別の場合には、コンピュータ・ネットワークのノードの第1のノードにおいて、第1の隣接ノードによって提供されるパス情報に従って確立された宛先ノードのルーティング・テーブル・エントリは、第2の隣接ノードから受信された更新メッセージの少なくとも1つの中に含まれる情報に従って更新される。

【0011】

別の実施態様では、コンピュータ・ネットワークのルーティング・テーブルは、ネットワーク中でよく知られているコンピュータ・ネットワークのノードに関するルーティング・テーブル更新情報を普及させることによって更新されうる。そのような場合、更新情報はよく知られているノードのネットワークレベル・アドレスとリンクレベル・アドレスの両方を含む。さらに、そのようなノードに関するサーチ・クエリに応答してコンピュータ・ネットワーク中であまり知られていないノードに関するルーティング・テーブル更新情報を送信することによって、さらなる更新が行われうる。場合によっては、サーチ・クエリは最善努力(best-effort)に基づいてコンピュータ・ネットワーク中に溢れる。新しいサーチ・クエリはネットワークレベル・クエリとして扱われ、再送信されるサーチ・クエリはホストレベル・サーチ・クエリとして扱われうる。

【0012】

サーチ・クエリの1つが受信されると、コンピュータ・ネットワークの第1のノードは、第1のノードがそのサーチ・クエリをすでに処理しているかどうかを判定するためにクエリ・キャッシュをサーチできる。さらに、第1のノードは、そのサーチ・クエリがホストレベル・サーチ・クエリであるか否かを判定する。

【0013】

サーチ・クエリがホストレベル・クエリであると第1のノードが判定した場合、第1のノードは、すでにそのように行っていない場合、およびサーチ・クエリにおいて指定された宛先へのパス情報を提供することができる場合、第1のノードはサーチ・クエリに応答しうる。あるいは、第1のノードが、すでにサーチ・クエリに応答していないが、宛先へのパス情報を有する場合、第1のノードは、

第1のノードに関連するローカル・ノードにパス情報についてのローカル要求を送信しうる。第1のノードがローカル要求に対するローカル応答を受信した場合、第1のノードは、サーチ・クエリに応答してローカル応答からパス情報を送信する。それ以外の場合、第1のノードは、サーチ・クエリがあるならば、それをコンピュータ・ネットワークの隣接ノードに送信する。一方、サーチ・クエリがホストレベル・クエリでないと第1のノードが判定した場合、第1のノードは、第1のノードがサーチ・クエリにおいて指定された宛先へのパス情報を有するならば、サーチ・クエリに対する応答を送信するか、あるいはサーチ・クエリがあるならば、それをコンピュータ・ネットワークの隣接ノードに転送する。

【0014】

コンピュータ・ネットワーク中であまり知られていないノードに関するルーティング・テーブル更新情報は、サーチ・クエリの主題であるノードに関係するパス情報を有するコンピュータ・ネットワークの1つまたは複数のノードによってサーチ・クエリ応答メッセージとして提供される。そのような場合、パス情報を有するノードの1つは、関連するサーチ・クエリ応答メッセージを提供する前にパス・エントリをそれ自体でパス情報に追加する。パス・エントリは、パス情報を有するノードのネットワークレベル・アドレスおよびリンクレベル・アドレスを含み、さらに、パス情報を有するノードがサーチ・クエリを受信したノードのネットワークレベル・アドレスおよびリンクレベル・アドレスを含みうる。

【0015】

コンピュータ・ネットワークのノードの少なくとも1つは、それが送信したサーチ・クエリのテーブルを維持する。サーチ・クエリのそのようなテーブルは、特定のサーチ・クエリがネットワークレベル・サーチ・クエリであるか、ホストレベル・サーチ・クエリであるかの指示を含みうる。ただし、ネットワークレベル・サーチに対する応答が受信されない場合、ネットワークレベル・サーチ・クエリはコンピュータ・ネットワーク内のホストレベル・サーチ・クエリとして再送信されることに留意されたい。

【0016】

また別の実施態様では、コンピュータ・ネットワークにおけるルーティング・

テーブルは、サーチ・クエリの出所から、サーチ・クエリの主題であるコンピュータ・ネットワークにおける宛先へのパスを指定することによって更新される。パスは宛先のネットワークレベル・アドレスとリンクレベル・アドレスの両方を含む。パスは、サーチ・クエリの出所へパスを生成する第1のノードからコンピュータ・ネットワークのノード間で中継される。ただし、パスがサーチ・クエリの出所と宛先の間のパス中に含まれる場合のみ、コンピュータ・ネットワークのいずれか1つのノードがパスを中継する。パスを受信するコンピュータ・ネットワークのノードを中継することは、パスを含めるためにそれぞれのルーティング・テーブルを更新しうるが、パスがコンピュータ・ネットワーク中でよく知られているノードに関連する場合のみ、それらのルーティング・テーブル中にパスを保持する。それ以外の場合、パスは、指定された期間の後でそれらのそれぞれのルーティング・テーブルから除去される。

【0017】

また別の実施態様は、コンピュータ・ネットワークの宛先ノードのネットワークレベル・アドレスと、宛先ノードのリンクレベル・アドレスとを有するルーティング・テーブルを提供する。ネットワークレベル・アドレスとリンクレベル・アドレスは宛先ノードに関するルーティング・テーブルの単一のエントリ中に含まれることが好ましい。ネットワークレベル・アドレスはインターネット・プロトコル（IP）アドレスであり、リンクレベル・アドレスはメディア・アクセス制御（MAC）アドレスであることが好ましい。

【0018】

ルーティング・テーブル中の単一のエントリはさらに宛先ノードに関するパス情報（例えば、距離情報および／または先行点情報）を含んでもよい。そのような距離情報はコンピュータ・ネットワーク内のパスのリンク状態情報および／またはノード状態情報に基づきうる。場合によっては、パスは宛先とルーティング・テーブルを維持するノードとの間の最短パスである。先行点情報とは、ルーティング・テーブルを維持するノードからパスに沿った宛先への第2－最後間(second-to-last)ホップであるコンピュータ・ネットワークのノードのことをさす。

【0019】

一般に、ルーティング・テーブルはルータによって維持され、ルータはまた、コンピュータ・ネットワークの隣接ノードからルータによって受信されたルーティング・ツリー情報を記憶するように構成された距離テーブルを有してもよい。ルータはさらに、ルータによって隣接ノードに送信されたルーティング・テーブル更新メッセージに関する情報を含むように構成されたメッセージ再送信リストを有してもよい。

【0020】

また追加の実施態様は、コンピュータ・ネットワークの様々なコスト・メトリクスを提供する。これらの中には、コンピュータ・ネットワークの第1のノードによって使用される通信リンク上で送信されるデータ・ビット当たりの第1のノードの隣接ノードへの時間経過に伴う干渉の尺度がある。そのようなメトリクスは、通信リンクの第1のノードによって使用されるRF送信パワー、リンク・データ速度、および通信リンク上でのRFパス損失を使用して推定され、これは、RF送信パワーと隣接ノードにおける受信信号強度との隣接ノード比較によって決定される。

【0021】

別のコスト・メトリクスは、コンピュータ・ネットワーク内の通信リンクを介した送信のデータ・ビット当たり消費されるノード・エネルギーの尺度でよい。ここでは、非送信状態にあるノードによって使用されないすべてのパワーを考慮に入れるためにノード・エネルギーが計算される。

【0022】

別のコスト・メトリクスは、コンピュータ・ネットワーク内のワイヤレス通信リンクの品質の尺度である。そのようなメトリクスは、利用すべきネットワークのリンクを決定するのに用途を見出さう。例えば、コンピュータ・ネットワーク中の隣接ノードへの代替パスが存在するかどうかを判定し、候補リンクのリンク品質を計算するために、コンピュータ・ネットワークの第1のノードによって維持されるローカル・ルーティング情報を検査することができる。次いで、隣接ノードへの代替パスが存在しない場合、または候補リンクの隣接品質が規定されたしきい値を超えた場合、候補リンクは受容される。隣接ノードへの1つまたは

複数の代替パスが存在する場合、代替パスの各々に沿ったリンクのリンク品質と候補リンクのリンク品質とを比較することによって、候補リンクのリンク品質が代替パス上のリンクのリンク品質と比較して有利である場合、候補リンクを受容することを決定しうる。

【0023】

そのような有利な比較は、候補リンクのリンク品質が代替パス上のリンクのリンク品質の最悪品質のリンク品質に等しいかまたはそれよりも良いものであるか、あるいは候補リンクのリンク品質が代替パスに沿ったリンクのパス品質関数に等しいかまたはそれよりも良いものであるか。例えば、コンピュータ・ネットワークにおけるいずれかのリンクの品質は、そのリンクを介して送信された各パケットごとの成功の確率に等しい。その場合、代替パスに沿ったリンクのパス品質関数は、代替パス上のリンクの各々ごとのリンク品質の積を比較する。

【0024】

コンピュータ・ネットワークの個々のノードのメトリクスも使用されうる。例えば、メトリクスは、ノードが利用することができるパワーのタイプの指示、ノードのパワー状態、またはノードがコンピュータ・ネットワークのためのアンカーであるかどうかの指示である。

【0025】

添付の図面の図において、本発明について限定ではなく例として説明する。図面中、同じ参照番号は同じ要素を指す。

【0026】

(詳細な説明)

アドホック・インターネットワーキングのための統一された方式を提供する、アドホック・インターネットワーキング・ルーティング (AIR) プロトコルを以下で説明する。インターネットへのトラフィックおよびインターネットからのトラフィックをサポートすることは、アドホック・ネットワークの主要な要件となる可能性が高いので、アドホック・ネットワークが構築されるパケット・ラジオ (以下では、インターネット・ラジオまたはIRと称する) に接続されるホストおよびネットワークは、インターネット・アドレスを必要とする。IRが、ア

ドホック・ネットワーク内のサブネットワーク・レベルまたはリンク・レベルでのルーティングをサポートしている場合でも、これらのインターネット・アドレスは必要とされる。インターネット・アドレスをIRに割り振ることは、ネットワーク管理の観点からも利点をもたらす。何故ならば、シンプル・ネットワーク管理プロトコル(SNMP)に基づく標準のネットワーク管理製品と新規のネットワーク管理製品の使用を可能にするからである。

【0027】

AIRは、IP層より下の層ではなく、IP層でのルーティングをサポートすることによってアドホック・インターネットを可能にする。したがって、AIRは、いくつかの方法で、アドホック・ネットワークにおけるルーティングにおいて現況技術を進歩させる。たとえば、AIRは、知られた宛先への最短パスを提供しながら、媒体アクセス制御(MAC)アドレスとインターネット・アドレスの両方を使用する。いくつかの実施形態では、最短(または好ましい)パスの計算は、リンクのコスト・メトリックおよび/またはノードのコスト・メトリックに基づいて行われる場合がある。さらに、AIRによって、IRは、IRに接続されているすべてのホストに対してプロキシ宛先ノードとして動作したり、ARP(Address Resolution Protocol)要求の送信側と受信側の間の媒介として動作することができる。これらのアドレスマッピング・サービスは、IRに接続されたホストに、アドホック・インターネットを単一同報通信LANとして認識させる。また、AIRは、発信元ベースのルーティングテーブル更新機構と宛先ベースのルーティングテーブル更新機構の両方を使用して、ルーティングテーブル項目を更新する。

【0028】

AIRについては、例示的实施形態を参照しながら以下で詳述する。しかし、本明細書を読めば、AIRは、様々なシステムに適用することができることを、当業者なら理解するだろう。したがって、以下の説明では、例示的实施形態は、例示的なものとみなされるべきであり、範囲を限定するものとみなすべきではない。

【0029】

I. AIRプロトコルの概要

AIRは、IPインターネットからアドホック無線環境にシームレスな拡張を提供するアドホック・インターネットによく適合する。IPインターネットとは対照的に、アドホック・インターネットでは、ホストおよびルータの移動性、ならびにリンクコストおよび／またはノードコストへの変更は、例外ではなく、規則である。図1に、以下の議論の理解を助ける、例示的アドホック・ネットワークの態様を示す。

【0030】

アドホック・ネットワーク10は、いくつかのIR16a～16iによってインターネット14を拡張するいくつかのサブネットワーク12a、12b、12cとみることができる。各IR16a～16iは、割り当てられたIPアドレスを有するパケット・ラジオであってよい。一般に、IR16a～16iは、当技術分野に共通したスペクトラム拡散無線通信技術を使用して、単一チャネルを介して動作する。たとえば、IR16a～16iは、規制されていないUHF周波数帯域の1つで動作することができ、そのため、免許(operating licence)の必要性は始めからない。各IR16a～16iで、AIRは、ルーティング情報プロトコル(RIP)に類似の、ユーザ・データグラム・プロトコル(UDP)の上で実行することができる。図から分かるように、IRは、基本的に無線IPルータである。ただし、AIRは、RIPのような従来型インターネット・ルーティング・プロトコルや、OSPF(open shortest path first)プロトコルを代用し、AIRルーティング・プロトコルは、ルーティングテーブルを維持するのに必要とされる制御トラフィックを低減するために、共用テーブルを介してリンク層プロトコルと対話し、AIRチャネル・アクセス・プロトコルは、アドホック・ネットワーク10の放送無線リンク24a～24j用に設計されている。

【0031】

アドホック・ネットワーク10のインターネット14への結合は、インターネット・サービス・プロバイダ(ISP)によって操作することができるルータ18を介して達成される。図に示すように、単一のISPは、複数のIRが接続さ

れているLAN20を操作することができる。そのような方式では、IR16aおよび16bは、ルータ18を介してインターネット14にゲートウェイ・サービスを提供する「AirHeads」として動作することができる。図1の16aおよび16eなどのIRによっては、アドホック・ネットワーク10を介してあらゆるインターネット・ユーザによってアクセスされるホスト22a、22b、22cに関連付けることができる。

【0032】

AIRは、J. J. Garcia-Luna-Aceves他、「Wireless Internet gateways」Proc. IEEE MILCOM97, Monterey, CA, Nov. 2-5, 1997, pp. 1271-76およびMurthy J. J. Garcia-Luna-Aceves, 「An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks」Proc. IEEE INFOCOM97, Kobe, Japan, Apr. 1997に記載されている無線インターネット・ルーティング・プロトコル(WIRP)で紹介されているルーティングテーブル更新手法に基づいている。しかし、AIRは、WIRPをいくつかの方法で拡張する。第1に、AIRは、IRに、ルーティングテーブルにおいてMACレベル(すなわち、リンク・レベル)アドレスとインターネット(すなわち、IP)アドレスの両方を使用できるようにする。第2に、AIRは、ルーティングテーブル項目を更新するためにテーブル駆動型機構とオンデマンド駆動型機構の両方を使用する。第3に、AIRは、IRに接続したホストへのプロキシARPサービスをサポートする。第4に、AIRは、宛先へのパスを計算するために、リンク・メトリックとノード特性の両方を使用する。

【0033】

AIRとWIRPの他の違いは、AIRは、IRとその隣接局との接続性の状況を維持する専用隣接局管理プロトコルによって提供されるサービスを使用することである。対照的に、WIRPは、その独自の機構を実施して、IRとその隣接局との接続性を確実にする。

【0034】

各 I R は、その隣接局に階層ルーティング・ツリーを増分的な方法で伝達する。I R によって報告された階層ルーティング・ツリーは、I R が伝達したり、隣接 I R から受信した要求に従ってトラフィックを転送する必要がある、各ネットワーク、I R、ホストへの、I R によるすべての好ましいパスからなる。遠隔 I P ネットワーク全体は、ルーティング・ツリーのノードであるにすぎない。図 2 A に、単一ネットワーク・トポロジを示し、図 2 B に、I R (またはノード) n 3 が、増分的にその隣接局に通知するルーティング・ツリーを示す。

【0035】

I R が所与の宛先に関するルーティング情報を配布する方法は、ルーティングテーブルの配布タイプ(dissemination-type)・フラグの値によって判定される。サーバが置かれる I P ネットワークまたはノードに対応するルーティングテーブル項目への変更は、典型的には、アドホック・インターネット全体に配布され、一方、個々の I R やホストに対応するルーティングテーブル項目への変更は、オンデマンドで配布される。図 2 B にこの点を示す。ノード n 3 によって通知されるルーティング・ツリーは、ノード n 0 を含まないことに留意されたい。何故ならば、n 0 は、アドホック・インターネット全体で知らなければならないノードではなく、ノード n 3 は、n 0 と通信したり、n 0 を介してデータを転送する必要がないからである。アドホック・インターネットでノードを識別するために使用されるアドレスは、I P アドレスと M A C レベル・アドレスの両方であることに留意することも重要である。

【0036】

I R は、各宛先に距離と 1 つおいて前のホップ(先行点)を伝達することによって、階層ルーティング・ツリーを増分的に交換する。宛先が I R 固有の I P ネットワーク内にあるか、それとも I R 固有の I P ネットワークに直接に接続されている場合、1 つおいて前のホップは、I R (すなわち、ホストレベルの I P アドレス) から構成される。I R に知られており、I R 固有の I P ネットワークに直接に接続されていない遠隔 I P ネットワークの場合、先行点は別の I P ネットワークから構成される。したがって、A I R におけるインターネット・ルーティングは、I R には、たとえば、R I P v 2 などのインターネット・ルーティング

・プロトコルが記憶するよりも多くのルーティングテーブル項目を記憶することは要求しない。IRは、定期的に、またはオンデマンド・サーチ・クエリに応答して、接続変更の結果として送信されたルーティングテーブルの更新によって、IRのルーティング・ツリーへの更新を伝達する。AIRによって、IRは、ネーム・サーバを介して獲得した知られたIPアドレスへのパスをサーチしたり、あるIRから別のIRに移動して静かにしているIPホストの実際の位置をサーチすることができる。接続性の変更は、IRで実施される隣接局プロトコルによってAIRに伝達される。

【0037】

ルーティング情報は、更新メッセージ、サーチ・クエリ、およびそのようなクエリへの返答によって、隣接IRの間で交換される。更新メッセージは、アドホック・インターネットのすべてのIRによって認識されなければならないルーティングテーブル項目を更新するために使用される。サーチ・クエリは、オンデマンド・ベースで、ルーティングテーブル項目を更新するために使用される。

【0038】

ホストレベルの関与の観点から見て、所与のホストが要求を送信するときは必ず、大規模なアドホック・インターネットのすべてのホストに、そのARP要求の受信を要求することは効率的ではない。IRによって、ホストは、共通のLANに接続されているかのように動作することができるが、IRは、従来型の透過的ブリッジよりも、さらに多くのルーティング情報を有する。具体的には、IRは、宛先のMACアドレスとIPレベル・アドレスの両方を認識している。したがって、IRは、どのホストが現行で自分に接続しているかを認識する限り、IRは、ホストにARP要求に答えるよう要求する必要はない。何故ならば、宛名ホストに接続されているIRがそれらに答えることができるからである。場合によっては、すでに構成済みのホストが再配置して、あるIRから別のIRに移動後に静かなままであることがある。そのような場合、IPからMACアドレスへの正確なマッピングを提供できるIRがない場合があり、ARP要求は、ホスト自体によって答えられなければならない場合がある。

【0039】

サーチ・クエリの2つのクラス、すなわちIRレベル・サーチとホストレベル・サーチは、AIRで定義することができる。IRレベル・サーチでは、クエリを受信するIRは、接続されたホストがあったとしても、そのホストに要求を転送せずにクエリを処理する。ホストレベル・サーチでは、クエリを受信するIRは、IRレベル・サーチの場合と同様にクエリを処理し、接続されているホストにもARP要求の送信を行う。大抵の場合は、IRレベル・サーチで十分である可能性が高い。何故ならば、関連付けられたIRにホストがARP要求を送信するとすぐに、IRは接続されたホストを認識するからである。したがって、IRは、ホストレベル・サーチを試みる前に、IRレベル・サーチを試みることができる。

【0040】

AIRは、機能的に、プロキシおよび間接ARP機構と、ルーティングテーブル更新アルゴリズムと、更新の信頼性のある交換との、3つの主要な構成要素に分けることができる。この機能的構成要素の各々については、以下の節で説明する。

【0041】

II. AIRで維持される情報

ルーティングの目的のために、各IRは、ルーティングテーブル、距離テーブル、およびメッセージ再送リストを維持する。図3に示すように、IR i のルーティングテーブルの宛先 j への項目には、宛先のIPアドレス、そのMACアドレス、またはその両方、宛先(D ij)への距離、後続点(S ij)、および宛先への好ましいパス（たとえば、最短パス）に沿った先行点(P ij)が含まれる。宛先への先行点は、好ましいパスに沿った1つおいて前のホップである。

【0042】

ルーティングテーブルは、ルーティングテーブル項目を更新するために使用される2つのマーカ、パス横断タグと配布タイプ・フラグも維持する。宛先 j へのパス横断タグは、その項目がシンプルパス（タグ＝正）、ループ（タグ＝誤）、またはまだマークされていない宛先（タグ＝空白）に対応するかどうかを指定する。このタグは、各入力イベントがルーティングテーブルに影響を与えた後で処

理される必要のあるルーティングテーブル項目の数を低減するために使用される。宛先 j に対しても、配布タイプ・フラグは、IRがどのように項目を維持し、どのようにその項目への更新を配布するかを判定する。フラグの値が（たとえば、1に）セットされている場合、宛先は、アドホック・インターネットではよく知られている。そのような場合、IRは、その宛先に対する項目を常に維持しなければならないこと、およびその宛先への距離または先行点への変更を報告しなければならないことを認識する。配布タイプ・フラグの値がセットされていない（すなわち、0の）場合、IRは、隣接局への更新メッセージでは、その宛先に関する距離または先行点情報の変更を報告しない。むしろ、IRは、ローカルに管理される経過時間フィールド(age field) によって与えられる有限な所要時間だけその項目を保持する。

【0043】

所与のIRのルーティングテーブルは、アドホック・インターネットのすべての宛先のサブセットに関する項目を含む。IRは、通信する必要のある宛先、または情報をリレーする必要のある宛先に関してだけルーティングテーブル項目を維持する。

【0044】

図4に示すように、IRの距離テーブルは、隣接IRの各々によって報告されるルーティング・ツリー情報を維持する。隣接IRによって、更新メッセージまたはサーチ・クエリで報告される各項目は、宛先のアドレスのセット（典型的には、MACアドレス、IPアドレス、またはその両方）、宛先への距離、および宛先へのパスの先行点からなる。一般的には、アドレスのセットには、ネットワークレベルのアドレス、リンクレベル・アドレス（たとえば、コンピュータ・ネットワークに関する一群の規格であるIEEE 802によって規定されたアドレス）または、適切ならばサブネットワーク・アドレスなど他のアドレスが含まれる場合がある。

【0045】

隣接局との接続性の変更を示すルーティングテーブルを更新するために基礎的な隣接局プロトコルを使用することができる。隣接局プロトコルが新しい隣接局

を検出したり隣接局との接続の喪失を検出すると、隣接局プロトコルは、I Rまたはホストに関する項目を更新し、ルーティングテーブルの距離テーブルと先行点情報を更新する必要があることをA I Rに通知する。隣接局プロトコルは、隣接I Rとの双方向のリンクのコストに関する情報もI Rに提供する。

【0046】

図5に示すように、メッセージ再送リスト(M R L)は、1つまたは複数の再送項目を指定するために使用される。たとえば、所与のM R L項目は、隣接I Rに送信される更新メッセージ、I Rが同じ更新メッセージを再送するたびに減分される再送カウンタ(1実施形態では、各更新メッセージは、たとえば4回など、最高回数まで送信することができる)、および隣接局が更新メッセージに応答したかどうかを指定する各隣接I Rに関するA C K要求フラグを指定する。I Rは、M R Lを使用して、更新が必ずその隣接局に信頼できる方法で送信されるようにする。

【0047】

I I I. A I Rにおける情報交換

ルーティングテーブル更新メッセージは、一般に、送信I Rの識別子(典型的には、そのI Pアドレス)、送信I Rによって割り当てられたシーケンス番号、および1つまたは複数の更新リストの項を含むことができる。更新メッセージは、図6に示すパケットとしてフォーマットすることができる。適切なヘッダ情報および/または終端部情報を、アドレス指定および/またはエラー訂正などの目的で含めることができる。

【0048】

更新項目は、その項目が送信I Rのルーティングテーブルへの更新か、それとも更新メッセージへの応答(A C K)かを指定する。更新項目は、宛先への少なくとも1つのアドレス、宛先への先行点、および受信I Rがその固有の隣接局に宛先への距離または先行点における変更に関して通知すべき方法を指示する配布タイプ・フラグを指定することが好ましい。A C K項目は、応答中の更新メッセージのシーケンス番号と発信元を指定すべきである。更新項目の配布フラグは、通常、セットされている。何故ならば、I Rは、その隣接I Rに、アドホック

・ネットワークで広く知られているはずの宛先に関しては更新メッセージを送信するだけでよい。

【0049】

図7に示すように、サーチ・クエリは、一般に、送信IRのMACアドレスおよびIPアドレス、シーケンス番号、および発信するIRからクエリを転送するIRまでクエリによって横断される転送パスを指定する。この転送パスは、更新メッセージの更新項目と同じ項目を使用して指定することができる。転送パス項目の配布タイプ・フラグは、中間ホップが他のIRによって知られる必要のあるIRまたはネットワークに対応するかどうかに基づいて、セットしてもセットしなくてもよい。

【0050】

図8に示すように、サーチ・クエリへの応答は、送信IRのMACアドレスおよびIPアドレス、回答中のクエリのシーケンス番号、およびクエリの発信するIRから宛先への完全なパスを指定することができる。クエリに回答しているIRは、アドホック・インターネット全体で知られていない中間ホップを含む場合だけ、宛先への完全なパスを通知する必要があることに留意されたい。しかし、AIRの1実施形態では、プロトコルを単純化するために完全なパスが使用される。サーチ・クエリに回答して指定されるパスの各ホップは、1つまたは複数の中間ホップの1つまたは複数のアドレス、1つまたは複数のホップへの先行点および距離、および1つまたは複数のホップへの配布タイプ・フラグ（セットしてもセットしなくてもよい）に関して指定される。応答して指定された各ホップに関する距離情報および先行点情報は、応答するIRのルーティングテーブルから直接に獲得することができる。

【0051】

更新メッセージは、よく知られた宛先に関するルーティング情報を更新するために使用されるので、更新項目は、常にアドホック・インターネット全体で知られる宛先に対応する。対照的に、サーチ・クエリへの回答の項目は、よく知られた宛先、または回答を受信するIRが情報を要求した隣接局を除くその隣接IRに対して言及する必要のない宛先のどちらかに対応することができる。AIRの

1 実施形態では、更新項目には配布タイプ・フラグが含まれる。さらに、I Rは、更新メッセージ、サーチ・クエリ、またはそのようなクエリへの回答を送信するルーティング情報を、宛先までの距離に基づいて順序付けることができる。

【0052】

I V. プロキシA R Pおよび間接A R P機構

図1に戻って、A I Rによって、アドホック・ネットワーク10の22a、22b、22cなどのホストが、それらがすべて共通のローカルエリア・ネットワーク(LAN)に接続しているかのように動作することに留意されたい。たとえば、LANまたはシリアル・(または他の)インターフェース26を介してI R16dに接続されているホスト22aおよび22bは、宛先が同じLAN26に接続されていない限り、またはホスト22aおよび22bが、宛先のMACアドレスによって構成されていない限り、I R16dを宛先とみなす(すなわち、物理的にLAN26に接続されているかのように)。I R16dは、その場合、後述するルーティングテーブルの更新機構を使用して、真の宛先(IPアドレスまたはMACアドレスに関して指定される)への正しいパスを判定することができる。

【0053】

インターネット・プロトコル(IP)の上で実行中のエンドツーエンドのプロトコルを使用して、別のホストに通信するホストに関して、発信元ホストは、まず宛先ホストのインターネット・アドレス(IPアドレス)を獲得しなければならない。これは、IPアドレスにドメイン名をマップするディレクトリ・サービス(たとえば、ドメイン名システムまたはDNS)によって達成される。発信元ホストと宛先ホストが共通のLANを共有する場合、発信元ホストは、宛先ホストのMACアドレスも発見しなければならない。MACアドレスは、LAN内のホスト名として機能し、ホストをLANに接続させているネットワーク・インターフェースが、ホストにアドレス指定されているパケットだけをそのホストに提供することを可能にする。たとえば、イーサネット(登録商標)のLANでは、宛先のIPアドレスのそのMACアドレスへのマッピングは、ARPによってサポートされる。

【0054】

アドホック・インターネットは典型的に複数のホップを有するので、接続された発信元ホスト（たとえば、図1のホスト22a）が共通のIRに直接に接続されない宛先ホスト（たとえば、ホスト22c）にARP要求を送信するとき、発信元ホストに接続されたIR（たとえば、16d）は、宛先のように動作し、ARP要求に回答する。すなわち、それは、プロキシARPサービスを、LANまたはシリアル（または他の）インターフェース（たとえば、LAN26）を介してそれに接続されているすべてのホストに提供する。IR（たとえば16d）は、次いで、接続されたホストに完全に透過的であるルーティングテーブル更新機構を使用して、他のIR（たとえば、この例ではIR16e）と共同して、宛先ホスト（たとえば、22c）への最短（たとえば、適切なパス距離またはパス距離のセットによって測定されるような）パスを発見する。したがって、IRは、共通のLANまたはシリアル・インターフェースを介してそれに接続されるすべてのホストに対して、デフォルト・ルータとして機能する。

【0055】

IRによって宛先のMACアドレスを知るために使用される機構をルーティングテーブル更新に関連して説明する。IRは、対象の宛先への次のホップを獲得するとすぐにホストからのARP要求に応答する。宛先へのパスを獲得するためにIRによって取られるステップは、ARP要求を送信するホストには透過的である。何故ならば、ARP応答を獲得するために考慮された遅延は、対象の宛先がアドホック・インターネット内で到達できる場合は、典型的には、対象の宛先へのパスを獲得するために掛かる時間よりも長いからである。

【0056】

IRは、接続されたホストへの間接的ARPサービスに何が定義されているかも提供する。このサービスは、ARP要求を、接続されたホストからホストによって指定されたMACアドレスに向けて転送することである。説明するために、いくつかの場合では、LANを介してIRに接続されるホストは、LANに直接に接続するIRではなく、デフォルト・ルータと共に構成できると想定する。これは、ホストが再配置された後、またはIRがLANの2つ以上のセ

グメントをブリッジするために使用された後で発生する。デフォルト・ルータが、ホストのLANセグメントに接続されたIRでないとき、構成されたホストが動作を続行することができるようにするために、IRは、固有のアドレスではなく、MACアドレスに送信されたフレーム（パケット）に問い合わせることができる。IRが、MACアドレスに関するルーティングテーブル項目を有する場合、それに従って、パケットを転送することができる。IRが、MACアドレスに関するルーティングテーブル項目を有さず、そのようなアドレスのノードが、接続されたLANの中で聞かれなかった場合、IRは、対象のMACアドレスへのパスを発見するために、サーチ・クエリを送信することができる。

【0057】

V. ルーティングテーブル更新

ルーティングテーブルは、ルータ（一般に、好ましいパス、典型的には最短パスを判定するための「パス発見」アルゴリズムを使用する）が宛先への真に好ましいパスを確実に使用するようにする手段として機能するので、ルーティングテーブル更新は重要である。説明するために、図9に示したネットワーク・トポロジを想定する。従来の手法では、ノードkを介した、jへの距離とkからjへのパスにおけるすべてのノードへの距離が、ノードiのすべての隣接局の中でも、iで知られているそのような宛先jおよびkからjへのパスにおける中間ノード（たとえば、p）に対して最短距離である場合だけ、ルータiは、宛先jへの次のノードを隣接局kにセットする。しかし、AIRでは、ルータiは、

a) kからjへのパスのすべての中間ノードが、kからiに対して増分的に報告され、iに記憶され、iによってjへのパスに関して要求されるノードの条件を満足させ、また、

b) ルータiのすべての隣接局に関して、隣接局kがjへの、またkからjへのパスに沿ったすべての中間ノードへの最短距離を提供し、それがkからiに増分的に報告され、iに記憶される

という条件が満足した場合にだけ、宛先jへの次のノードを隣接局kと選択する。

【0058】

さらに、A I Rは、リンク状態ルーティングのための従来方式で使用方法を拡張する。そのような方式では、ルータ i は、その隣接局の各々へのリンク（たとえば、30 a および 30 b）の特徴を隣接局に伝達することができる。隣接局からリンク状態更新を受信するルータは、次いで、2つの方法の1つによって、固有の隣接局（たとえば、リンク状態更新が、ノードで維持される情報よりも最新のものである場合）に更新を伝播する。ルータは、その更新を送信している隣接局以外のすべての隣接局に更新を転送するか、それとも、少なくとも1つの宛先に到達するためにルータ i によって更新のリンクが使用される場合、ルータは、すべての隣接局に更新を転送することができる。ルータは、次いで、最短パスアルゴリズムを実行することによって、更新された情報に基づいて、宛先への好ましいパスを計算する。

【0059】

ただし、A I Rでは、リンク状態更新の他に、ルータ i は、その固有のノード特徴（すなわち、ノード i のノード状態メトリック）をその隣接局に伝達する。隣接局からノード状態更新を受信するルータは、ノード状態更新がノードで維持されている情報よりも最新である場合、隣接局にその更新を伝播する。ルータは、次いで、ルータ i に要求されたノード特徴の値を満足しないノードを計算から除去するように変更された最短パスアルゴリズム（たとえば、D i j s k t r a または B e l l m a n - F o r d のアルゴリズム）を実行して、宛先への好ましいパスを計算する。最短パスアルゴリズムは、接続する I R（すなわち、アドホック・インターネットのノード）および I P ネットワークの接続性を表す階層グラフを介して分散された方法で実施することができる。ノード間に伝達できる（すなわち、最短パス計算に使用される）ノード特徴（または、メトリック）の例を、以下に示す。

【0060】

前記説明を敷衍するために、次いで、I Rは、他のI Rから受信したA I R制御メッセージまたは隣接局プロトコルによって送信されたメッセージに基づいて、ルーティングテーブルを更新する。I Rにそのルーティングテーブルを変更させることができる制御メッセージは、他のI Rからの更新メッセージまたはサー

チ・クエリである。前述のように、更新項目とクエリ項目の両方に含まれるルーティング情報は、一般に、アドレス（MACアドレス、IPアドレス、またはその両方）と、好ましいパスに沿った宛先への距離および先行点とを含む。すべてのIRは、その隣接局に、宛先への最短パスの1つにおいて前のホップを報告するので、その宛先がアドホック・インターネットでよく知られているかどうかに関わらず、IRの隣接局は、あらゆる宛先への完全なパス（宛先への暗黙パスと呼ばれる）を認識することができる。

【0061】

IRは、隣接局から更新メッセージを受信すると、更新項目とACK項目を順番に処理する。同様に、IRは、サーチ・クエリへの回答を受信すると、報告されたパスの各ホップを送信側が指定した順番で一度に処理する。IRが送信したルーティング情報は宛先への距離に従って順序付けられているので、IRは、宛先に到達するために隣接IRを使用するとループを生じるかどうかを判定する次のパス横断機構を安全に実行することができる。

【0062】

VI. 更新メッセージの処理

IRは、1つの隣接局からの更新メッセージを処理するとき、隣接局の更新メッセージに送信された順番で、隣接IRによって報告された各更新項目を処理する。メッセージの各更新項目に関して、IRは、所与の宛先への隣接IRによって報告された暗黙パスがループになっていないかどうかをチェックし、また、すべての隣接局によって報告された先行点情報の一貫性をチェックする。

【0063】

IRは、隣接局kによって報告された、宛先jに関する更新項目または回答項目を処理するとき、隣接局kからのパス情報を更新し、隣接局から報告された新しいパス情報と一緒に距離テーブルでそれを維持する。さらに、そのIRは、他の隣接局nによって報告された同じ宛先へのパスが、隣接局kを含むかどうかを判定する。含むならば、IRは、隣接局nによって報告されたkから宛先jへのサブパスに関する古いパス情報を、隣接局kによって報告された宛先jへのパスに関するパス情報によって代用する。

【0064】

前述のように、I Rのパステータブルに記憶されている暗黙パスが必ずループ・フリーになるために、I Rは、宛先への後続点（次のループ）として隣接局 n を選択するが、ただし、これを選択するのは、（1）その隣接局を介した宛先への距離が、いかなる隣接局を介しても、宛先への到達可能な最短距離であり、また（2）I Rから宛先へのパスにおける各中間ホップへの隣接局 n を介した距離が、いかなる隣接局を介しても、宛先への到達可能な最短距離である場合だけである。

【0065】

前記の第2の条件を判定するために、I Rは、先行点情報を用いて、隣接局によって報告された暗黙パスを横断する。宛先へのパスに沿った所与の中間ホップがループ・フリーになるための第2の条件を満たす場合、I Rは、隣接局 n によってその宛先に対して指定された先行点についても同じ条件が満たされるかどうかをチェックする。したがって、I Rは、隣接局 n がその宛先に最短パスとその宛先へのパスにおけるすべての中間ホップとを確実に提供するように、宛先から自分自身へ戻るパス横断を実行する。このパス横断を達成するためにI Rに必要とされる処理を限定するために、パス横断タグが使用される。具体的には、このタグは、I Rに、そのI Rからそのホップへの同じ隣接局を介したパスが以前に成功裏にチェックされたことを示す正に相当するタグ値、または宛先への提案されたパスに沿って既にループが発見されたことを示す誤に相当するタグ値を有する中間ホップに到達するとすぐに、パス横断を停止させる。

【0066】

V I I . サーチ・クエリの処理

I Rは、宛先が、アドホック・インターネットのすべてのI Rによって知られているわけではないということを見出すために、サーチ・クエリは、最善の努力でアドホック・インターネット中に氾濫（フルード）する。I Rは、サーチ・クエリのすべての可能性のある発信元に関するルーティングテーブル項目を保持する必要はないので、I Rは、そのクエリの起点への最短パスに基づいて、クエリをいつ転送するかを決定することができない。したがって、I Rのリレーする

クエリは、最近転送されたサーチ・クエリのキャッシュを維持するべきである。複数の隣接局から到着する同一クエリのコピーを破棄するためにリレーIRが必要とする最小情報は、この場合、クエリの起点のアドレスと起点によってクエリに割り当てられたシーケンス番号である。

【0067】

IRは、サーチ・クエリを受信すると、まず、そのクエリがIRレベルかホストレベルかを判定し、またそのクエリ・キャッシュを参照してそのクエリを既に処理したかどうかを判定する。新しいIRレベル・クエリのキャッシュの場合、IRは、クエリによって指定されたMACアドレスまたはIPアドレスへのパスを認識していない場合はそのクエリを転送し、宛先への現行パスを有する場合はそのクエリに回答する。

【0068】

新しいホストレベル・クエリの場合、IRは、宛先へのパスマッピングおよびアドレスマッピングを提供できるかどうかをそのクエリに回答する。IRが情報を持たない場合、IRは、まずARP要求をローカルに送信し（たとえば、図1のLAN26のようなローカルLANを横断して）、接続されたホストから肯定応答を獲得したかどうかをクエリに回答するか、あるいは、IRが他の隣接局を有する場合は、クエリを転送する。

【0069】

IRは、サーチ・クエリを転送するとき、そのクエリに含まれる転送パス情報に、自分自身に関するパス項目を追加する。このパス項目には、IRのIPアドレスまたはMACアドレス、クエリを受信したIRのIPアドレスまたはMACアドレスから構成されるその先行点、クエリの起点からIRへの距離、IRがクエリを転送するための配布タイプ・フラグが含まれる。IRは、その隣接局からのインシデント・リンクのコストをクエリを転送した隣接局に報告されたクエリの転送パスの距離に加えることによって、クエリの起点から自分自身への距離を計算する。

【0070】

IRは、サーチ・クエリで要求された宛先へのパスを認識しているとき、クエ

りの起点から宛先への完全なパスを指定する回答を送信する。このパスは、回答されているクエリで指定された転送パスと、そのクエリに回答している I R から対象の宛先へのパスとの連結であるにすぎない。

【0071】

アドホック・インターネットのホストに完全に透過的になるように、サーチ・クエリを I R レベルまたはホストレベルにするために、A I R プロトコルの 1 実施形態は、新しい A R P 要求を I R レベルのクエリとして扱い、再送された A R P 要求をホストレベルとして扱い、カウンタを使用して、数分間の間に同じ I P アドレスに対して送信されるホストレベルの数を制限する。帯域幅を消費することに加え、過度のホストレベル要求を送信することは、ネットワーク・パーティションの後で、および／または I R やホストの故障の後で、アドホック・インターネットのホストに悪影響を与える。

【0072】

ホストが、接続された I R に新しい A R P 要求を送信するとき、I R は、I R レベル・クエリを発信し、クエリ・タイムアウト間隔の間だけクエリ送信テーブルにクエリのコピーを保持する。図 10 に示すように、クエリ送信テーブルの項目には、対象の宛先の I P アドレス、項目が I R レベル・クエリとホストレベル・クエリのどちらに相当するかを示すクエリ・タイプ・フラグ、およびカウンタが含まれる。要求された宛先へのパス／アドレスマッピングを有する他の I R がある場合、クエリ・タイムアウト間隔は、クエリへの回答が起点の I R に戻るには十分に長いですが、要求しているホストの A R P 要求タイムアウトよりは短い。

【0073】

クエリ送信テーブルの項目に対するクエリ・タイムアウトが満了すると、I R は、クエリ送信テーブルの項目のカウンタを増分し、I R レベル・クエリを再送し、クエリ・タイムアウト・タイマを再開する。再送された I R レベル・クエリに対する回答がない場合、I R は、クエリの次の再送をホストレベル・クエリにしなければならないことを反映するために、クエリ・タイプ・フラグの値を（たとえば、1 に）変更する。接続されたホストに A R P 要求を再送させるために、クエリ・タイムアウトは、A R P 要求タイムアウトと等しくなるようにセットさ

れる。I Rは、接続されたホストからA R P要求を受信しない限り、同じアドレスにサーチ・クエリを再送しない。I Rが、クエリ送信テーブルのその項目が、1にセットされたクエリ・タイプ・フラグを有するI Pアドレスに関するA R P要求を受信する場合、I Rは、ホストレベルのクエリを送信し、項目に対するカウンタを増分し、遠隔ホストがクエリに回答するには十分長い値を有して、クエリ・タイムアウト・タイマを開始する。

【0074】

項目は、接続されたホストのA R P要求タイムアウトよりも長くなるべき、長いタイムアウト間隔の間、I Rのクエリ送信テーブルに留まる。したがって、接続されたホストは、必要に応じてA R P要求を再送することができる。A I Rの1実施形態では、ホストレベル・クエリは、2回だけ再送され、その後、I Rは、接続されたホストからA R P要求をドロップするだけである。これにより、A R P要求によるアドホック・インターネットを介したサーチ・クエリの氾濫によるトラフィックが制限され、また、ホストに到達する遠隔A R P要求の数も制限される。

【0075】

V I I I . サーチ・クエリへの回答の処理

回答は、クエリの起点から宛先への完全なパスを指定する。何故ならば、リレーI Rは、転送したクエリに関する正確な記述を維持しないからである。すなわち、各I Rで維持されるキャッシュは、I Rが同じクエリを複数回転送する危険性を低減することだけを意図しているからである。したがって、I Rは、クエリ用に保持しているキャッシュの内容ではなく、回答に含まれる情報に完全に基づいて、隣接局から受信した回答をどのように処理するかを判定する必要がある。具体的には、クエリに対する回答を受信するI Rは、それが回答に指定された起点から宛先への転送パスに列挙されている場合は、クエリの起点に対して回答を転送する。

【0076】

適用可能なときに適切なI Rに回答を転送することに加え、I Rは、そのルーティングテーブルを更新するためにも回答を使用する。回答を受信するI Rは、

回答に指定されたパスに配布タイプ・フラグがセットされている各パス項目を信頼性のない更新項目として扱う。正確には、回答のパス項目がよく知られた宛先に関する場合、I Rは、その項目が更新項目であるかのようにその距離およびルーティングテーブルを更新し、必要に応じてその固有のルーティングテーブル項目を準備するが、肯定応答は送信しない。さらに、I Rは、配布タイプ・フラグがリセットされた各パス項目を一時的なルーティングテーブル項目として扱う。I Rは、ルーティング情報をそのルーティングテーブルに追加し、その情報を一定期間保持する。

【0077】

I Rからの回答がクエリの起点に戻ると、発信するI Rは、対象の宛先への1つまたは複数のパスの獲得を開始する。A I Rの1実施形態では、サーチ・クエリの発信するI Rは、依然として回答を保留しているサーチ・クエリに関するどのような状態も保持しない。サーチ・クエリに割り当てられたシーケンス番号は、リレーI Rが転送する同じクエリのレプリカの数制限するためだけに使用される。この設計は、I Rに接続されているホストが、接続されているI Rからタイムアウトの後でどのような回答も獲得しない場合、さらなるクエリの送信を要求するホストになることを想定している。実際には、ホストで使用するタイムアウトは、クエリおよびその回答がアドホック・インターネットを横断するのに要する時間よりも非常に長い。

【0078】

サーチ・クエリの発信するI Rは、宛先に関して認識しており、宛先に関して認識していないI Rのパスを介してクエリによって到達される、アドホック・インターネットのI Rと同じ数の回答を受信することができる。A I Rの1実施形態では、I Rは、すべてのI Rが認識しなければならないよく知られた宛先と、宛先に関するクエリへの回答によってI Rが一時的にだけ認識するオンデマンド宛先のどちらかに関するルーティングテーブル項目を維持する。したがって、発信するI Rが受信する大部分の回答は、宛先がI Rまたはネットワークの場合は宛先I Rが有する隣接I Rの数に等しくなるか、または宛先が特定のホストの場合はホストに接続されたI Rの数に等しくなる。多くの場合、オンデマンド・ル

ーティングは、ホスト指定パスを供給する。サーチ・クエリの発信する I R は、クエリへの第 1 の回答を受信するとき、クエリ送信テーブルにあるそのクエリに関する項目を消去する。

【0079】

I R は、一定時間間隔の間、オンデマンド・ルーティング情報を維持し、サーチ・クエリへの回答で受信した情報を有するルーティングテーブルにルーティングテーブル項目を追加するが、その際、ルーティングテーブルへのそのような変更について隣接局には通知しない。I R は、項目の最長経過時間に等しい一定時間間隔の間、1 実施形態では約 3 分または別の適切な時間にセットされる、だけ配布タイプ・フラグが 0 値であるルーティングテーブル項目を維持する。I R は、宛先にパケットを転送するたびに、またはその宛先に関する情報を有する新しい回答を受信するたびに、その項目の経過時間をリセットすることができる（たとえば、図 3 に示す各ルーティングテーブル項目の一部である場合のある、関連する経過時間フィールドを更新することによって）。

【0080】

I X. ルーティング情報の信頼性のある配布と信頼性のない配布

更新メッセージの信頼性のある送信は、更新メッセージをマルチキャストし、次いで 1 つまたは複数の他の更新メッセージへの更新および肯定応答の両方を搬送するメッセージに応答することによって実施される。

【0081】

エラーのない更新メッセージを受信後、ノードには、それに応答することが必要とされる。更新間隔に等しい一定タイムアウト後に応答がない場合、更新メッセージを再送することができる。I R は、どの隣接 I R が更新メッセージに応答しなかったかを M R L によって監視する。更新メッセージの各再送は、メッセージに応答しなければならない隣接局のサブセットを指定することができる。

【0082】

場合によって、更新メッセージに含まれる情報は、後続の更新メッセージによって不必要とされる。A I R の 1 実施形態では、古い更新メッセージは、したがって、破棄され、古い更新メッセージに含まれるすべての最新パス情報は、新し

い更新メッセージがその隣接 I R に伝達しなければならない新しい情報と共に、新しい更新メッセージに含ませられる。他の方式では、新しい更新メッセージには、古い更新メッセージのどの部分が破棄されるかなどに関する情報が含まれる場合がある。I R は、より最新の更新メッセージによって置換された更新メッセージへの肯定応答を受信することがある。その場合、I R は、その肯定応答の情報を無視するだけである。

【0083】

更新メッセージが交換される方法とは対照的に、A I R の 1 実施形態では、サーチ・クエリとその回答が I R 間で信頼性なく送信される。サーチ・クエリの発信する I R は、そのようなクエリを 1 回だけ再送し、各 I R にルーティングテーブル項目がない宛先を発見することを続行するかどうかはホスト次第である。しかし、上記で述べたように、A I R は、所与の遠隔宛先に対してアドホック・インターネットを介して許可されるサーチ・クエリの数制限することが好ましい。

【0084】

X. A I R を介したシンプル・ネットワーク構成

従来型インターネットのルーティング・プロトコルでは、ルータは、I P アドレスおよび接続された L A N のマスク、ならびにその固有のアドレスおよびマスクを使用して構成されなければならない。さらに、シリアル・リンクまたは L A N を介してルータに接続されているホストは、その I P アドレスとマスク、およびそのデフォルト・ルータの I P アドレスを使用して構成されなければならない。インターネット・ルーティング・プロトコルはルーティングを達成するために I P アドレスを必要とするので、既存のインターネット・ルーティング・ソリューションでは、この分量の構成情報が必要とされる。したがって、インターネットのルータは、適切な I P アドレスを割り当てて初めて宛先へのデータ転送を開始することができ、この際、I P 宛先に向けてデータを送信することしかできない。すなわち、ルータが I P アドレスにデータ転送を開始できるようになる前に、ホストは、I P アドレスを使用して適切に構成されなければならない。

【0085】

AIRは、IRが宛先へのパスを確立するためにMACアドレスとIPアドレスの両方を使用することを可能にするので、アドホック・インターネットのホストとIRの構成を単純化する。AIRは、したがって、単純なダイナミックIR構成プロトコル(DICP)の実施を可能にし、ホストがオンになった直後に、IRに、ホストへのデータ転送を開始させる。

【0086】

前述のように、アドホック・インターネットでは、各IRは、AirHead、すなわちアドホック・インターネットと残りのインターネットとを相互接続する、図1のIR16aのようなIRを登録する。AirHeadは、IPアドレス、接続されたLAN用のLANサブネットワーク、および残りのインターネットと相互接続するために接続する有線セグメント用のデフォルト・ルータのアドレスによって構成される。AirHeadは、この場合、対処するアドホック・インターネットのためのIPサブネットワークを受信する。

【0087】

AirHead(たとえば、IR16a)は、デフォルト・ルータにそのAirHeadのサブネットワーク(たとえば、12aおよび/または12b)を示すために、そのAirHeadのデフォルト・ルータ(たとえば、ルータ18)に接続している有線LAN(たとえば、LAN20)を介して標準インターネット・ルーティング・プロトコル(たとえば、RIPまたはOSPF)を使用することができる。AirHeadは、残りのインターネットに相互接続するための標準インターネット・ルーティング機構を使用しなければならない唯一のIRなので、従来の手法で構成される必要のある唯一のIRである。

【0088】

他のIRは、関連するAirHead(たとえば、16a)からIPアドレスとドメイン名を獲得することができ、接続されたホスト(たとえば、22aおよび/または22b)からのDHCP(ダイナミック・ホスト構成プロトコル)パケットに対処することができる。DICPは、IRとAirHeadの間で証明書と公開キーを交換するパケット限定ダイアログ(packet-limited dialogue)によって達成される、新しいIRとAirHeadとの間の相互認証と、認証識別

(authenticate identity)とを提供する。大域IPネットワーク割当が獲得される前にアドレス空間を保存したり、インストールを許可したりするために、AirHeadは、専用IPアドレス空間を使用してIRおよびホストへのIPアドレスを割り当てることができる。勿論、これによって、アドホック・インターネットのホストおよびIRは、残りのインターネットに見えなくなる。したがって、AirHeadは、対処するアドホック・インターネットに割り当てられたIPアドレス空間への専用IPアドレスの変換を提供しなければならない。しかし、AIRのオペレーションは、アドホック・インターネットで使用するIPアドレス（公用または専用）を変更しないことが重要である。サービスがAirHeadおよびDACPによって提供され、AIRがルーティングのためにMACアドレスとIPアドレスの両方を使用するならば、IRは、オンされた後で動作を開始することができる。スタートアップ直後、IRは、ARP要求に応答して、サーチ・クエリの送信を開始することができる。

【0089】

XI. AIRルーティング・メトリック

前記で示したように、ほとんどのネットワーク・ルーティング・プロトコルは、発信元ノードと宛先ノードの間でとる最良のパスを判定するために、「メトリック」で演算する。これらのメトリックは、特定リンクを介したルーティング・トラフィックが望ましいこと（または反対に「コスト」）の指示を与える「リンク状態」メトリックである場合が多い。最も単純なメトリックは、各リンクに「1」のコストを与えるものであり、これは、ルーティング・アルゴリズムに、最短数のリンク（または「ホップ」）をとるパスを選択させる。別の一般的なリンク・メトリックは、リンクを横断する遅延であり、最新履歴を通して平均化され、典型的には、待ち合わせ遅延と送信遅延の両方を含む。この結果、最小遅延を選択するルーティング・アルゴリズムを生じる。これより一般的でないのが、特定ノードを介してパケットをパス指定するためのコストの指示を与える「ノード状態」メトリックである。アドホック・ネットワークの自己構成型の、マルチホップ無線ネットワーク環境でトラフィックを効果的にパス指定するために、AIRプロトコルは、従来型リンク状態メトリックを新しいタイプのリンク状態メ

リックとノード状態メトリックの両方と結合する。これらのルーティング・メトリックは、勿論、他のタイプのネットワークでも使用することができる。

【0090】

AIRによって使用されるリンク状態メトリックには、各々、以下で詳述する、LinkNetImpact、LinkEnergy、およびLinkQualityが含まれる。

【0091】

LinkNetImpactは、IRの隣接局への一定期間におけるデータ・ビットあたりの干渉におけるコストを提供するメトリックであり、

$(\text{非対象受信ノードの正規化された数}) * (\text{ビット/秒})$

で測定することができる。非対象ノードの正規化された数は、このリンクを介した送信によって干渉される対象とされる受信側ノードではなく、ネットワークにおける他のノードの数を示す。たとえば、図1に示すアドホック・ネットワーク10では、IR16eが、IR16d、16c、16aを介してインターネット14に到達するように、リンク24cを含むパスを介して送信するとき、IRfによる受信に（潜在的にはサブネットワーク12bにおけるIRによる他の送受信にも）意図しない干渉影響を有することがある。

【0092】

あるノードは他のノードよりも送信側に近いことがあるので、隣接局のこの「正規化」された数は、いくつかの方法で計算することができる。たとえば、（1）ある閾値電力レベルより上のRF電力で送信を受信する非対象ノードだけを含むことによって、または（2）すべての非対象ノードの干渉レベルを、それらのノードの各々によってこのリンクを介した送信を受信したRF電力レベルに等しい各ノードでの干渉レベルに合計することによって、または（3）方法（1）と（2）の組合せによって計算することができる。

【0093】

特定リンクの使用に関してLinkNetImpactを推定するために、ノードは、各（または選択された）送信にその送信に使用されたRF送信電力をタグ付けすることができる。次いで、すべての個別ノードは、隣接ノードによって

実行されたタグ付けされた送信の受信した信号強度を測定し、送信電力（パケットでタグ付けされた）と受信した信号強度との間の差を計算することができる。この差は、送信ノードからのRFパスロスを推定する（測定精度に基づいて）。次いで、ノードは、（ノードの移動性または他の環境ダイナミックのレートに基づいて）隣接ノードからの計算されたRFパスロスを定期的に隣接局にリレーして戻すことができる。隣接ノードの各々へのパスロスを想定し、また特定の隣接ノードへのリンクに使用される送信された電力とリンク日付レート（ビット／秒）を想定すると、送信ノードは、このリンクを使用するためにLinkNetImpactを計算することができる。

【0094】

ノードの異なるリンクに使用される送信電力とリンク日付レートは、リンクによって異なることに留意されたい。これは、一般に、そのリンクの合理的な信頼性のある使用法を与えるデータ・レートと送信電力に従ったリンク管理プロトコルによってセットすることができる。事実、リンク・マネージャは、ルーティング・アルゴリズム（たとえばAIR）に、同じ隣接局へのリンクの複数の選択肢を提供する。この複数の選択肢は、たとえば、より低い送信電力（LinkNetImpactによって）をLinkQualityに交換する。

【0095】

LinkNetImpactは、ネットワーク「干渉」がルーティング・アルゴリズムのためのリンク・メトリックとして使用される従来方式（たとえばRockwellのJim Stevens、イリノイ大学のMichael Pursley）とは、そのような方式にはリンク使用の測定（たとえば、ビット／秒）が含まれないという点で異なる。

【0096】

LinkEnergyは、選択されたリンクを介した送信のためにデータ／ビットごとに消費されるノードのエネルギーを提供するメトリックであり、この使用法は、ソーラーパワーまたは電池で電力を供給されることができるモバイルの無線ノード、携帯用無線ノード、または自動無線ノードに関して、各リンクを介した送信に使用される電力が重要な考慮すべき点である場合があることを認識す

る。このメトリックに関する単位は、

エネルギー（ジュールまたはワット＊秒）／ビット

である。

【0097】

このメトリックは、静止状態の（アクティブに送信していない時の）ノードに対して、通常は消費されないすべての追加電力を含むことができる。このメトリックは、選択されたリンクを介して送信するための電力を、そのリンクに使用されるRF送信電力セッティングに調整して、含み、また、（必要に応じて）ノードをアクティブ状態にするために必要とされる電力を含んでも、含まなくてもよい。そのようなリンク・メトリックを想定すると、ルーティング・アルゴリズムは、ネットワークを介して通信される、すべてのビット／エネルギーを最低限に抑えるパスを選択することができ、または、複合ルーティング最適化(combined routing optimization)を達成するために、このメトリックを他のメトリックと組み合わせて使用することができる。

【0098】

過去において（たとえば、StanfordのTheresa Meng）、最小エネルギー・ルーティングのためのアルゴリズムが紹介されたが、そのような方式は、リンクの速度（適合可能または選択可能であることがある）を考慮しなかった。

【0099】

Link Qualityは、Link Reliability、Link Max Transmission Unit (Link MTU) サイズ、Link Energy、およびLink Rcv Signal Strengthなどの他の基本的なメトリックに関して、リンクの妥当性の複合的な指示を提供するメトリックである。それらの多くの基本的なメトリックはどこでも唯一の判定メトリック基準として使用することができるが、AIRにおいてメトリックが使用される組合せおよび方法は独自のものである。このようなメトリックは、ルーティングテーブル更新メッセージの一部として通過されることができる（たとえば、上記の距離情報の一部として）。したがって、このメトリックは、ルーティング判定のた

めに使用することができる。このメトリックは、たとえば、対応するリンクが、目標ノードへの既存のパスよりも優れたLink Qualityを示すかどうかに基づいて、ノードを隣接局として追加するかどうかの判定に使用することもできる。

【0100】

アドホック・ネットワークに共通した、自己構成型のマルチホップ無線環境では、隣接局へのリンクは、ノードによって自動的に選択されなければならない。これは、隣接局ノードへのリンクが、固定しているか、それとも各モバイル・システムが所定の「基地局」ノードと1つまたは複数のリンクに制限される制限によってリンクの選択が徹底的に単純化されたセルラ無線ネットワークおよび従来型無線LANにある、典型的なルーティング・アルゴリズムと完全に対照的である。

【0101】

隣接ノードへのリンクにアクティブに使用されるリストを制限することが望ましい場合があることには、いくつかの理由がある。ノードによって使用される各アクティブなリンクは、パケット待ち行列やリンク統計の維持の目的などのために、そのノード内でメモリ資源を消費する。ノードによって使用される各アクティブなリンクは、追加のネットワーク・オーバーヘッド・トラフィックに変換するので、MACプロトコル、Linkプロトコル、および／またはルーティング・プロトコルの制御パケットの追加フィールドを必要とすることがある。さらに、ノードのアクティブなリンクを最も近い隣接局ノードだけに限定することによって、送信によって干渉を受けるノードの数が少なくなるので、ネットワーク全体の効率はいくらか向上する（上記のLink Net Impactメトリックを参照のこと）。

【0102】

AIRでは、Link Qualityメトリックは、従来型のメトリックのある種の組合せに基づいて、ノードによって使用される各リンクに関して、計算することができる（いくつかの例については前記を参照のこと。他の場合には、Link Net Impactおよび／またはLink Energyの組合わせ、お

よび／またはリンクの信頼性を同様に使用することができる)。このメトリックは、この場合、AIR更新パケットの一部としてネットワーク全体に伝達することができる。このメトリックの使用法の重要なアスペクトは、どのリンクを保持するかを判定を実行することである。具体的には、特定の候補リンクを隣接局に追加するかどうか、またはそのアクティブに使用される隣接局のリンクから特定の候補リンクを削除するかどうかの判定を実行する際に、ノードは以下のことを行う。

1. ネットワーク全体の1つまたは複数のリンクのシーケンスを使用して、隣接局に対して代替パスが存在するかどうかを判定するために、ノードのローカル・ルーティング情報を検査する。
2. (Link Qualityメトリックに必要とされる基本的なメトリックを計算するために、プロービングまたは他の方法を使用して) 候補リンクのLink Qualityを計算する。
3. この隣接局ノードに代替パスがない場合、アクティブ・リンクのノードのリストに候補リンクを受け入れる。
4. 隣接局ノードに1つまたは複数の代替パスがある場合、代替パスの各々に沿ったリンクのLink Qualitiesと、候補リンクのLink Qualityとを比較する。候補リンクのLink Qualityが、代替パスのリンクに比べて勝るとも劣らない場合、候補リンクを受け入れる。

二者択一の状態において、ローカル・ルーティング情報を検査し、あらゆる比較を実行した後、Link Qualityが定義された閾値を超えると判定された場合、候補リンクを受け入れることができる。

【0103】

Link Qualityを計算するために使用されるメトリックに基づいて、好ましい比較は、候補リンクのLink Qualityが、代替パスに沿った最低のLink Qualityを有するリンクと同等またはそれ以上であることを意味する場合がある。あるいは、有利な結果は、候補リンクのLink Qualityが、代替パスに沿ったリンクの他のPath Quality関数と同等またはそれ以上であることを意味する場合がある。たとえば、Link Quali

t y が、リンクを介して送信された各パケットに対する成功の確率と同等であるだけの場合、比較の目的に使用するには、次の P a t h Q u a l i t y 関数が適切な場合がある。

【数 1】

$$\text{PathQuality} = \prod_i [\text{LinkQuality}(i)],$$

上式で、L i n k Q u a l i t y (i) は、L i n k Q u a l i t y (i) が代替パスに沿った i 番目のリンクを介した L i n k Q u a l i t y である。したがって、この関数は、代替パスの各リンクを介して送信を 1 回試したパケットが成功裏に宛先（隣接局ノード）に到達する確率を計算する。

【0104】

各ノードに対するアクティブな隣接局リンクの数が制限されている場合、上のステップ 3、4 および 5 は、新しい候補リンクを追加し、既存のリンクを拒否するように変更することができる（必要に応じて、隣接局へのアクティブなリンク数の制限を満たす）。これは、L i n k Q u a l i t y と、L i n k Q u a l i t y を有する新しいリンクの代替パス、および既存のリンクの代替パスとを比較することによって達成される。たとえば、各既存のリンクの L i n k Q u a l i t y は、ある種の値によって（既存のリンクに有利なように）増加する（重み付けする）ことができ、その値を候補リンクの L i n k Q u a l i t y と比較することができる。最低の L i n k Q u a l i t y 値（適切ならば、重み付けされた値）を有するリンクを削除する（または、候補リンクの場合は受け入れられないだけである）ことができる。代替パスを持たない既存のリンクを除外し、または代替パスの乏しい（たとえば、前述の P a t h Q u a l i t y 関数に従って測定された場合に）既存のリンクだけがさらにこの方法を拡張することができる。

【0105】

従来方式では（たとえば、B e y e r、S h a c h a m；BBN）、隣接局リンクを選択するための、各ノードに対するアクティブなリンクの数を制限するアルゴリズムが提示される。しかし、それらの方式は、A I R のようなリンク状態ルーティング・プロトコルから入手可能なリンク状態情報を利用していなかった。

【0106】

AIRによって使用されるノード状態メトリック（たとえば、ルーティングテーブル更新メッセージの一部として）には、NodePowerType、NodePowerState、およびNodeAnchorFlagが含まれる。これらの方法について論じる。

【0107】

NodePowerTypeは、ノードに対して使用可能な電力のタイプを示すメトリックである。たとえば、値には、非制限電力、バッテリー電力（任意選択の引数としてバッテリーの電力容量を持つ）、および／またはソーラーパワーが含まれる。このメトリックは、ルーティング・プロトコルの更新パケットに含まれ、ネットワークまたはトラフィック・ストリームの効率目標によって許容されるとき、電力供給が可能な(power-capable) ノードに向けてパケットを進めるために、ルーティング・アルゴリズムによって使用される。

【0108】

NodePowerStateは、ノードの現行状態（たとえば、「アップ」「スタンバイ」「ダウン」）および／または電力スケジュール（すなわち、ノードの電力節約状態）を示す。たとえば、値には、電力アップ、電力スタンバイ、電力ダウンが含まれる場合がある。このメトリックは、ルーティング・プロトコルの更新パケットに含まれることができ、よりアクティブな状態のノードに向けてパケットを進めるためにルーティング・アルゴリズムによって使用されることができる。これで、パケットは、遅延の低いパスを辿ることができる（何故ならば、比較的非活動的な状態にあるノードは、典型的には、チャネルをあまり頻繁に検出せず、したがって、それらのノードを介した転送にはより長い時間が掛かるからである）。さらに、この方式は、パケットを転送するためにノードをウェークアップさせるのではなく、その状態に留まるために電力ダウンされたノードを許容する。

【0109】

NodeAnchorFlagは、ユーザにネットワークのインストールおよび／またはメンテナンスを援助するために使用することができるメトリックであ

る。自己構成型の、マルチホップ・ネットワークでは、残りのネットワークとのノードの接続性は、1つまたは複数のノードとのリンクを有するかどうかを判定することによってだけでは判定することはできない（各ノードが、「基地局」ノードとの直接リンクを有することを要求されるセルラLANネットワークまたは無線LANネットワークの場合と同様に）。したがって、AIRは、ネットワークの「アンカー」として機能するためにユーザによって既に選択済みかどうかを示すこのメトリックを含む。このメトリックの状態をネットワークの他のノードに通過させることによって、各ノードは、1つまたは複数のネットワークのアンカーに対してパス（可能ならば複数のホップを介する）を有するかどうかに関してユーザに指示を提供することができる。たとえば、ノードが現在「アンカーである」かどうかを示すこの状態は、LEDまたは他の表示装置に表示することができ、したがって、これはネットワークのインストールを容易にする。

【0110】

したがって、単一のアンカー・ノードが、ユーザによって選択された場合、それぞれのノードがアンカー・ノードに対してパス（1つまたは複数のホップを介して）を有する限り、ユーザは、各ノードが、ネットワークの他のすべてのノードと接続性を有することも確信することができる。また、インターネットに接続するノードをネットワーク・アンカーとして指定することによって、すべてのアンカーになったノードは、同様に、インターネットに接続を有することになる。アンカーは、この場合、サーバへの接続またはコンピュータ・ネットワークに関するサービスを提供した、あるいは提供するノードとみなされるか、またはコンピュータ・ネットワークに関して、たとえば、インターネットまたは他の資源への接続性を監視するノードとみなされることがある。

【0111】

以上で、アドホック・インターネットワーキングに関する統一されたルーティング方式の説明を終了する。前述の説明および添付の図面は、特定の実施形態を論じ、また図示しているが、本発明は、頭書の特許請求の範囲に関してだけ適応されることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

いくつかのサブネットワークおよびインターネット・サービス・プロバイダ（ISP）によって維持されるルータを介したインターネットへの相互接続を含むアドホック・ネットワークを示す図である。

【図2A】

ノードIPレベル・アドレスおよびMACレベル・アドレスを含む、アドホック・ネットワーク・トポロジの別の例を示す図である。

【図2B】

本発明の一実施形態による図2Aに示されるアドホック・ネットワークのノードの1つによって通信されるルーティング・ツリーを示す図である。

【図3】

本発明の一実施形態によるインターネット無線（IR）によって維持されうるルーティング・テーブルの一例を示す図である。

【図4】

本発明の一実施形態によるIRによって維持されうる距離テーブルの一例を示す図である。

【図5】

本発明の一実施形態によるIRによって維持されうるメッセージ再送信リンクの一例を示す図である。

【図6】

本発明の一実施形態によるルーティング・テーブル更新メッセージの一例を示す図である。

【図7】

本発明の一実施形態によるサーチ・クエリの一例を示す図である。

【図8】

本発明の一実施形態によるサーチ・クエリ応答の一例を示す図である。

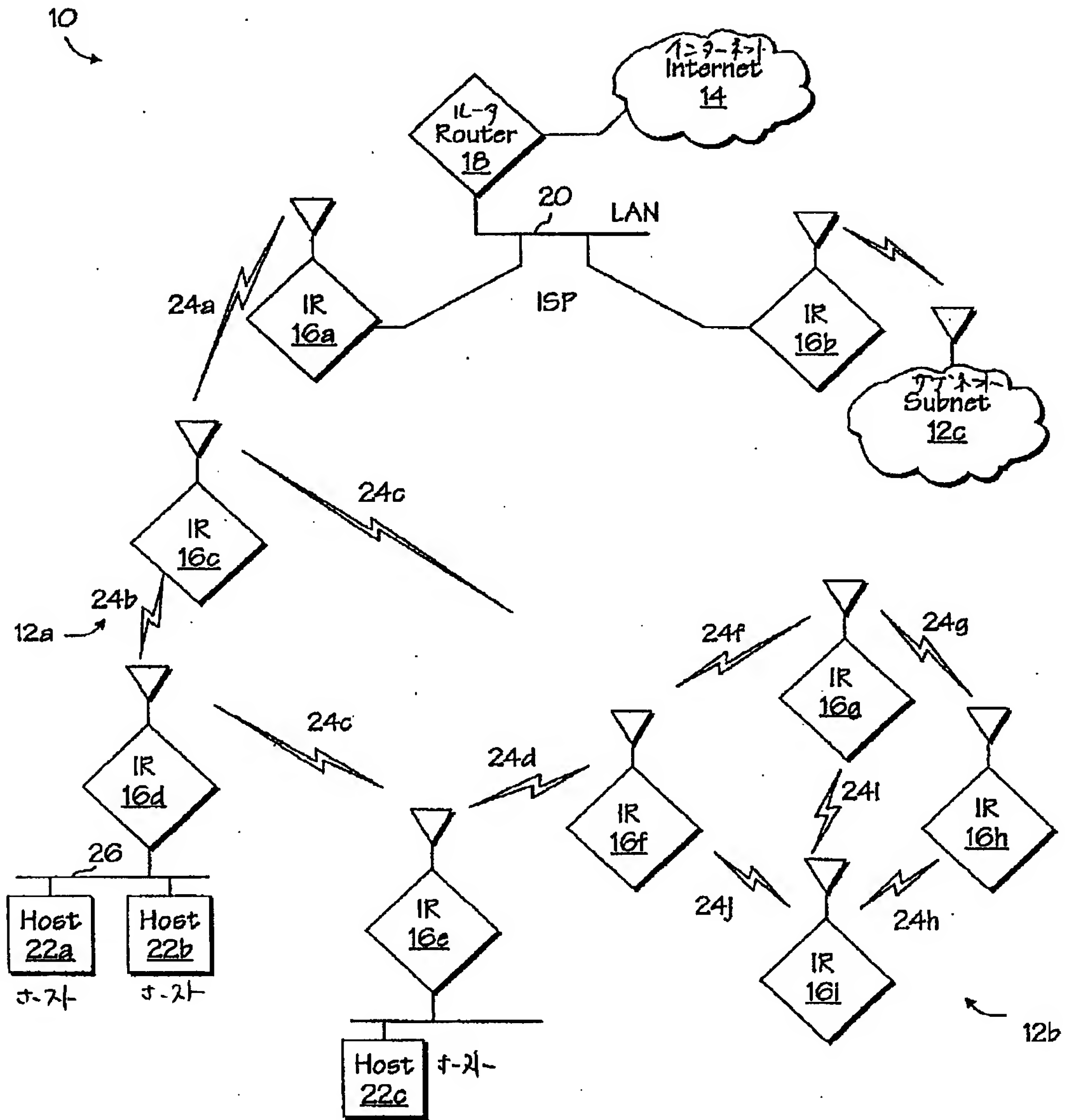
【図9】

本発明の一実施形態において見つけられるルーティング・テーブル更新機構を理解するために有用なトポロジを有するネットワークを示す図である。

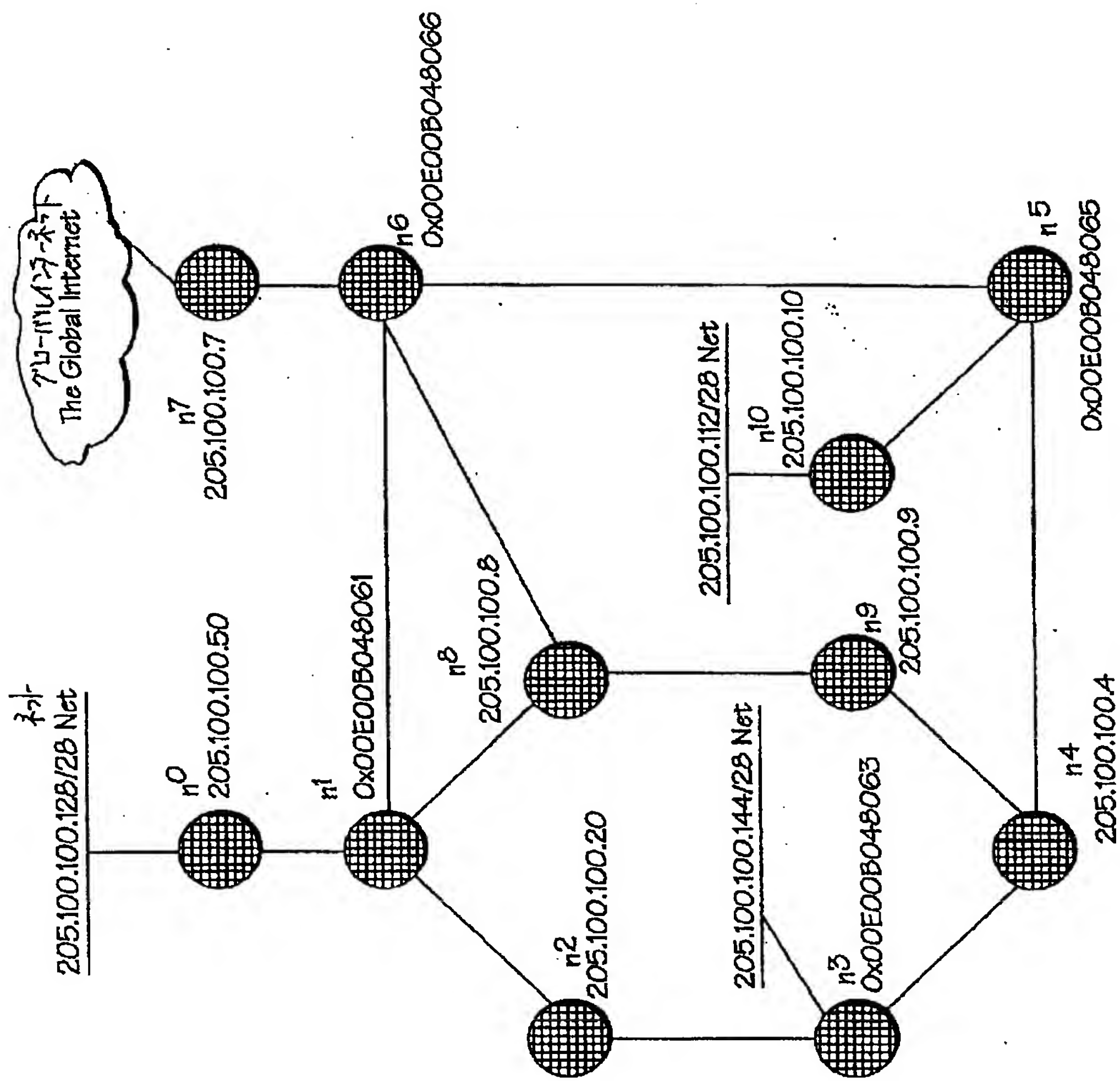
【図10】

本発明の一実施形態によるアドホック・ネットワークのノードによって維持されるクエリ送りテーブルの一例を示す図である。

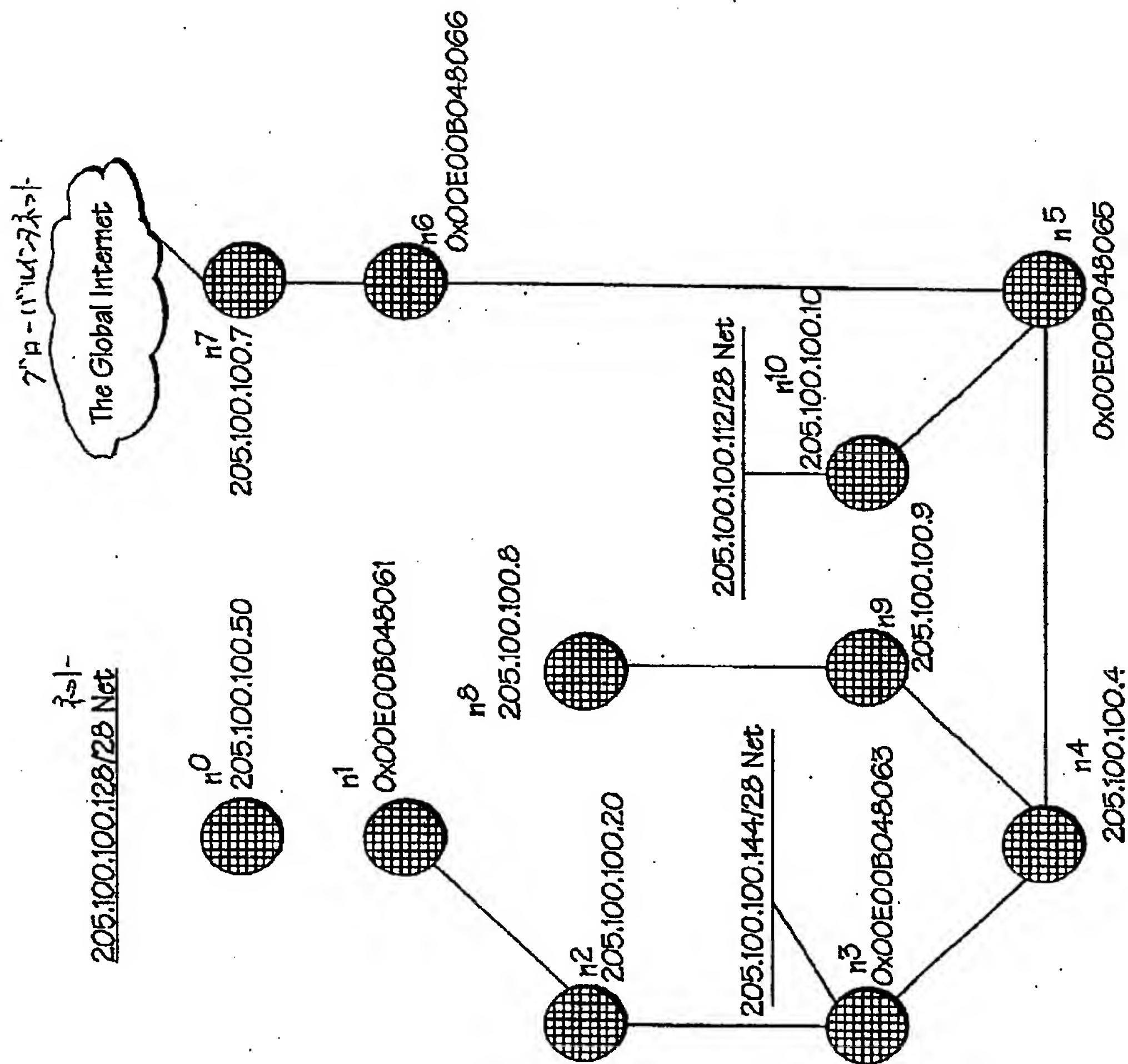
【図1】



【図2A】



【図2B】



【図 3】

ルーティングテーブル
Routing Table

パス横断フラグ

Detonation	IP addr.	MAC addr	Dij	Sij	Pij	Path Traversal Tag	Dissemination Type Flag	AGE
•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•

【図 4】

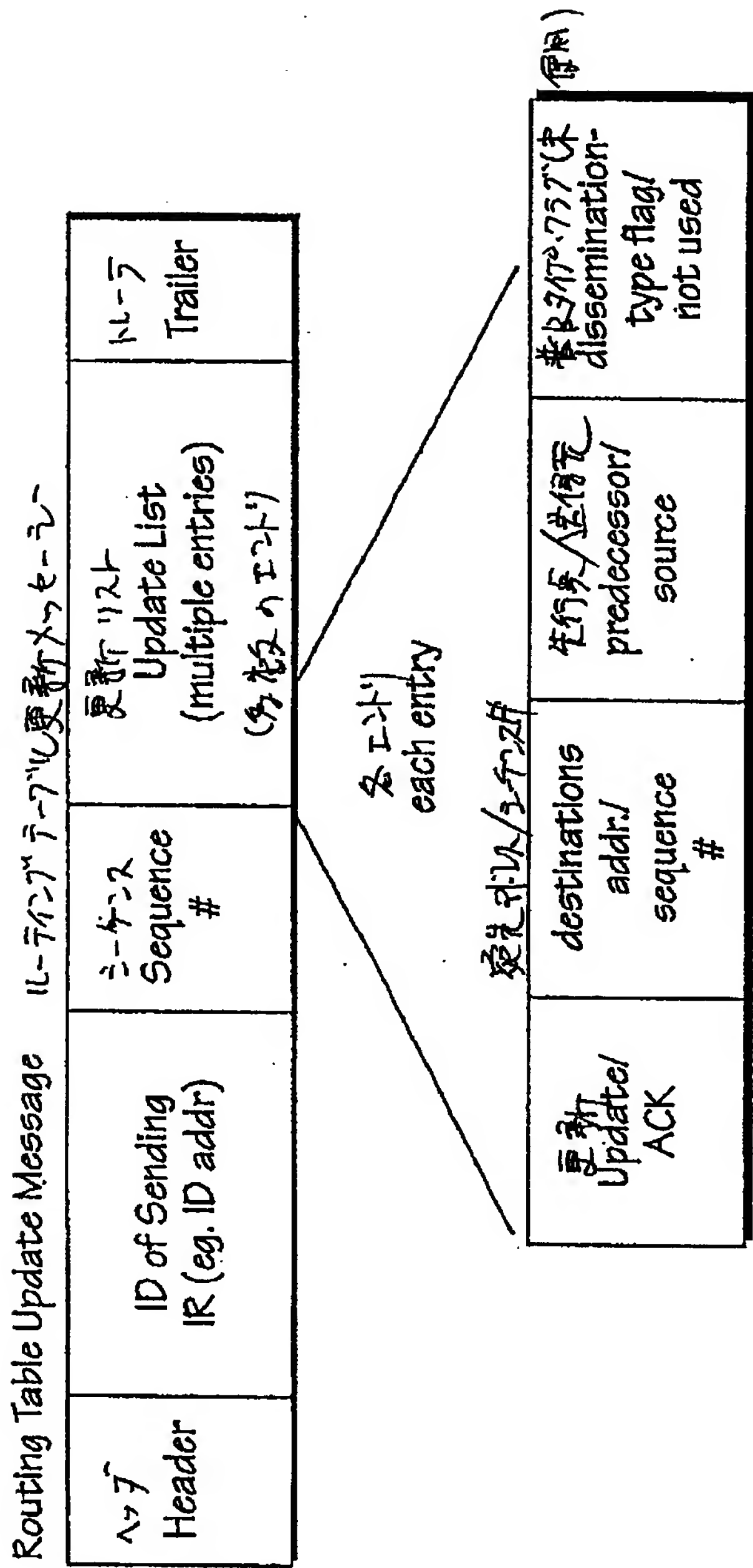
Distance Table 距離テーブル		宛先IPアドレス		宛先へのパス上の先行点
隣接 Neighbor	宛先の MAC address for destination	IP address for destination	Distance to destination 宛先への距離	Predecessor on path to destination
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•

【図 5】

Message Retransmission List ネットワーク送信リスト

送信元ノードより更新 Update Message being sent	再送信回数 Retransmission Counter	ACK-req'd Flag (neighbors)				
		1	2	3	...	n
		•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•

【図 6】



【図 7】

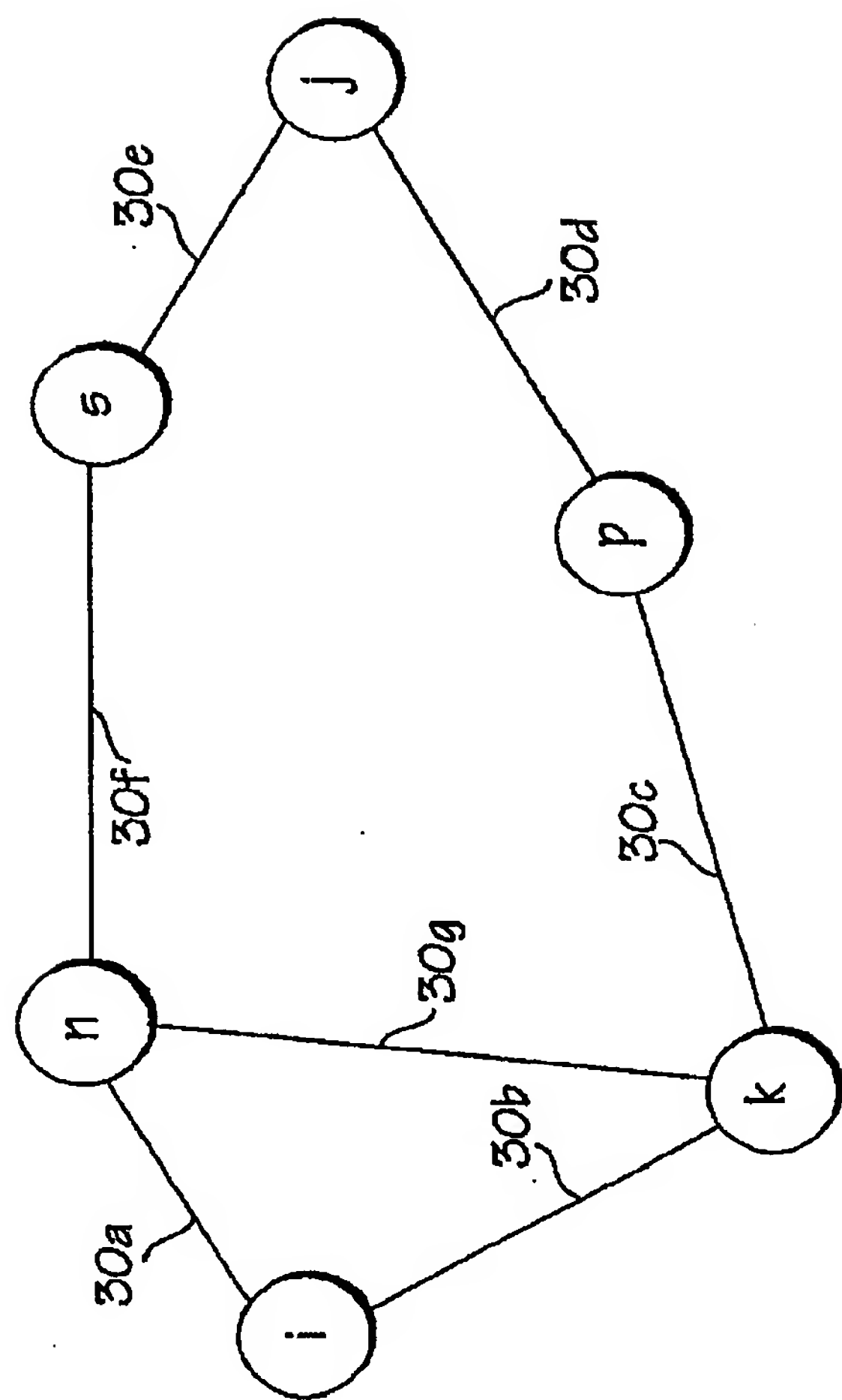
Search Query サ-クエリ

送信IRのMACアドレス MAC addr. of sending IR	送信IRのIPアドレス IP addr. of sending IR	シーケンス番号 sequence #	転送パス情報 forward path information
---	---	--------------------------	---------------------------------------

【図 8】

Search Query Response		7E1 IRから宛先へのパス情報	
送信 IR の MAC アドレス MAC addr. of sending IR	送信 IR の IP アドレス IP addr. of sending IR	クエリシーケンス番号 sequence # of query	クエリ IR から宛先へのパス情報 path information from querying IR to destination

【図9】



【図 10】

Query Sent Table 送信情報テーブル

宛先のIPアドレス IP addr. of destination	クエリタイプフラグ Query-Type Flag	カウンタ Counter
---	---------------------------------	-----------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 99/21236

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RAJAGOPALAN B ET AL: "A RESPONSIVE DISTRIBUTED ALGORITHM FOR SHORTEST-PATH ROUTING WITHIN AUTONOMOUS SYSTEMS" INTERNETWORKING: RESEARCH AND EXPERIENCE, GB, JOHN WILEY AND SONS, vol. 2, no. 1, March 1991 (1991-03), pages 51-69, XP000669932 ISSN: 1049-8915 page 57, line 29 -page 58, last line	1,19,37
A	EP 0 465 201 A (DIGITAL EQUIPMENT CORP) 8 January 1992 (1992-01-08) column 9, line 53 -column 10, line 2 column 10, line 45 -column 11, line 18	1,19,37, 42,51
X	WO 96 19887 A (SALBU RESEARCH AND DEVELOPMENT (PROPRIETARY) LIMITED) 27 June 1996 (1996-06-27) page 12, line 15 -page 13, line 1 page 21, line 17 -page 22, line 4 page 23, line 25 -page 25, line 4	58,59, 65,66
A		54-57, 60-64, 67-70
A	US 5 115 433 A (BARAN PAUL ET AL) 19 May 1992 (1992-05-19) column 3, line 48 -column 4, line 19 column 8, line 3 - line 31	56,57, 71-74
X	US 5 737 318 A (MELNIK GEORGE A) 7 April 1998 (1998-04-07) column 2, line 13 - line 34	79,80
A		75,76, 81,82

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 99/21236**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependant claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-53

A method, a routing table and a router in a computer network for exchanging routing table update messages including both network-level addresses and other addresses.

2. Claims: 54, 55

A cost metric for indicating interference on a link.

3. Claims: 58-70

A cost metric, a routing table update message and a method for indicating link quality.

4. Claims: 56, 57, 71-74

A cost metric and a routing table update message for indicating node energy consumed for transmission over a communications link or the type of power available to a node or the power state of a node.

5. Claims: 75-82

A metric and a routing table update message indicating if a node is an anchor node and a method for transmitting routing table update messages including node connectivity or installation information.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Application No

PCT/US 99/21236

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0465201 A	08-01-1992	US 5309437 A	03-05-1994
		CA 2044363 A	30-12-1991
		DE 69122439 D	07-11-1996
		DE 69122439 T	15-05-1997
WO 9619887 A	27-06-1996	AP 621 A	24-10-1997
		AU 700811 B	14-01-1999
		AU 4268296 A	10-07-1996
		BR 9510251 A	04-11-1997
		CA 2208041 A	27-06-1996
		CN 1175335 A	04-03-1998
		EP 0811286 A	10-12-1997
		NO 972825 A	18-08-1997
		NZ 297514 A	28-01-1999
		US 6097703 A	01-08-2000
		ZA 9510789 A	20-06-1996
US 5115433 A	19-05-1992	US 4939726 A	03-07-1990
		DE 69131240 D	24-06-1999
		DE 69131240 T	04-11-1999
		EP 0455959 A	13-11-1991
US 5737318 A	07-04-1998	CN 1181855 A	13-05-1998
		EP 0812502 A	17-12-1997
		WO 9724840 A	10-07-1997
		JP 11501491 T	02-02-1999

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 ガルシアールナーアセベス, ジョーキン
アメリカ合衆国・94402・カリフォルニア
州・サン マテオ・レイクウッド サーク
ル・82

(72)発明者 フリボルド, サーン・ジェイ
アメリカ合衆国・94061・カリフォルニア
州・レッドウッド シティ・パークデイル
ウェイ・3105

Fターム(参考) 5K030 GA11 HA08 HC01 HD03 HD06
JL01 JT09 KA05 LB05
5K033 AA09 CB08 CC01 DA06 DA19
EC04

【要約の続き】

ンピュータ・システムのノードのノード特性が隣接ノード間で交換されうる。1つまたは複数の宛先ノードへの好ましいパスは、例えばDijkstra最短パスアルゴリズムを使用して、これらのノード特性に従って計算されうる。